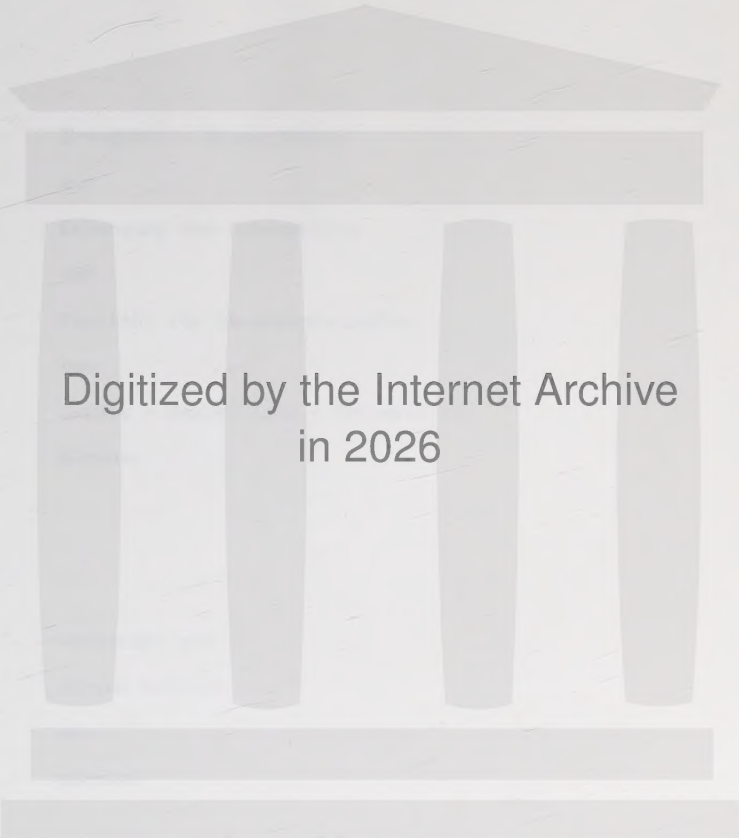


**GEFÜGEKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN
AN GROBKLASTISCHEN SEDIMENTEN
MIT HILFE TERRESTRISCH-
PHOTOGRAMMETRISCHER METHODEN**

Jürgen Nithack

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551921_0093

GEFÜGEKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN
AN GROBKLASTISCHEN SEDIMENTEN
MIT HILFE TERRESTRISCH-PHOTOGRAMMETRISCHER METHODEN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Fakultät für Geowissenschaften
der
Ludwig - Maximilians - Universität
München



vorgelegt von
Jürgen Nithack
aus
München

München 1974



1. Berichterstatter: Prof. Dr. J. B o d e c h t e l
 2. Berichterstatter: Prof. Dr. W. - D. G r i m m
 3. Berichterstatter: Prof. Dr. K. S c h m i d t
- Tag der mündlichen Prüfung: 28. Feb. 1974

VORWORT

Die photogrammetrischen Aufnahmen und ihre Auswertung für die vorliegende Arbeit wurden an der Zentralstelle für Geo-Photogrammetrie und Fernerkundung der DFG (München) durchgeführt (Leiter: Prof.Dr. J. Bodechtel).

Prof.Dr. J. Bodechtel, Institut für allgemeine und angewandte Geologie der Universität München, war es auch, der mir die Möglichkeit gab, die sedimentologischen Untersuchungen mit Methoden der terrestrischen Photogrammetrie durchzuführen, und der mich dabei in jeder Weise unterstützte.

Prof.Dr.Ing. A. Maucher, sztg. Vorstand des Instituts für allgemeine und angewandte Geologie und Mineralogie der Universität München, stellte die für meine Arbeit notwendigen Einrichtungen des Instituts zur Verfügung.

Die unter der Leitung von Prof.Dr. W.-D. Grimm, Institut für allgemeine und angewandte Geologie der Universität München, entstandenen Diplomarbeiten der Herren M. Fakhrai und H. Ludewig lieferten mir die Geländemessungen, die ich zum Vergleich mit den photogrammetrischen Analysen benötigte.

Mit meinen Kollegen der Abteilung für Photogeologie und Fernerkundung sowie mit Herrn Dr. Kneidl (Freiburg) und Herrn Dr. Ziegler (Bayrisches Geologisches Landesamt München) führte ich zahlreiche, anregende Diskussionen. Dr. R. Haydn (Zentralstelle für Geo-Photogrammetrie und Fernerkundung der DFG, München) half mir bei den anfänglichen Schwierigkeiten mit der Erstellung des Computer-Programms zur Verarbeitung der photogrammetrischen Daten.

Allen genannten Herren danke ich sehr herzlich für ihr Interesse und für ihre Unterstützung.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	6
1. Möglichkeiten der terrestrischen Photogrammetrie ..	6
2. Thema der Arbeit	8
II. LAGE UND BESCHREIBUNG DER PROBENGEBIETE	8
1. Quartäre Schotter am Unterlauf der Alz im nordöstlichen Oberbayern	8
2. Einzelaufschlüsse in Oberbayern und Franken	12
III. GERÄTE UND METHODEN DER TERRESTRISCHEN PHOTOGRAMMETRIE	13
1. Aufnahmegeräte	13
2. Aufnahmemethode	15
3. Auswertegerät und Auswertung der Stereomodelle ...	17
3.1 Auswertegerät	17
3.2 Photogrammetrische Bestimmung von Flächen	17
3.3 Bestimmung von Linearen	
Das Computer-Programm LINSORT	18
3.31 Lage des Koordinatensystems im Planimat D 2.....	18
3.32 Formeln zur Berechnung der Länge und der Richtung von Linearen	19
3.33 Flußdiagramm zum Programm LINSORT und Programmbeschreibung	19
3.34 Anweisungsschema für die Dateneingabe ...	22
3.4 Weiterverarbeitung der Richtungsdaten mit dem Programm GELI	23
3.5 Meßstellenanordnung	23
IV. BESTIMMUNG DER TRANSPORTRICHTUNG AUS SCHRÄGSCHICH- TUNGSMESSUNGEN	25
1. Ermittlung der Transportrichtung aus Flächenmessungen	25
2. Ermittlung der Transportrichtung aus Anschnitt- linien von Schrägschichtungsflächen	25

	Seite
2.1 Theoretische Überlegungen	25
2.2 Beispiele aus quartären Schottern und dem triassischen Schilfsandstein	32
2.3 Anwendung auf die quartären Schotter am Unterlauf der Alz/Obb.	35
2.31 Diskussion der Methode	35
2.32 Vergleich der Ergebnisse von Gelände- und Bildmessungen	36
2.33 Regionale Deutung	36
V. KORNGRÖSSENBESTIMMUNG	37
1. Herkömmliche Methode der Korngrößenbestimmung	37
2. Photogrammetrische Methode der Korngrößenbestimmung	38
3. Korngrößenbestimmung an den quartären Schottern am Unterlauf der Alz/Obb.	39
3.1 Fehlerquellen	39
3.2 Vergleich der Kornsummenkurven von Bild- und Siebanalyse	43
3.21 Vergleich der Quartile Q_1 , M , Q_3 und der Dezentile D_{60} und D_{90}	43
3.22 Vergleich der D_{10} -Werte	43
3.23 Vergleich der Prozentanteile der Korngrößen unter 2 mm	44
3.24 Zusammenfassendes Ergebnis des Vergleiches	44
4. Grenzen der photogrammetrischen Korngrößenanalyse	44
4.1 Phototechnische Bedingungen	46
4.2 Geologische Bedingungen mit einem Beispiel für die Korngrößenbestimmung in Konglomeraten	47
5. Korngrößenverteilungskarte	48
VI. ANALYSE DER GERÜLLORIENTIERUNG IN QUARTÄREN SCHOTTERN UND IN EINEM MOLASSEKONGLOMERAT	52
1. Lineare Diagramme	52

	Seite
1.1 Richtungsverteilung innerhalb einzelner Korngrößenklassen	52
1.2 Richtungsverteilung innerhalb des gesamten Geröllspektrums einer Probe ,.....	56
1.3 Folgerungen aus den linearen Diagrammen	59
2. Darstellung der Geröll-Längsachsen im Schmidt'schen Netz	59
2.1 Diagramme einzelner Korngrößenklassen	64
2.2 Achsenschnittpunkt-Diagramme (CUTALL-Diagramme)	68
2.3 Diagramm aller Geröll-Längsachsen einer Probe	71
2.4 Summendiagramm über alle untersuchten Schotterproben	71
2.41 Beschreibung des Summendiagramms	71
2.42 Folgerungen aus dem Summendiagramm	74
3. Einregelungsmechanismus bei der Ablagerung Schräggeschichteter Schotter	76
4. Die Geröll-Längsachsenorientierung im Molasse- konglomerat bei Traunstein/Obb.	79
4.1 Beschreibung des Diagramms	79
4.2 Deutung des Diagramms	79
VII. GERÖLLACHSEN ALS VEKTOREN	80
1. Berechnung des Einregelungsgrades	80
2. Anwendung auf Modelle	82
3. Regionale Anwendung	84
VIII. PALÄOGEOGRAPHISCHE FOLGERUNGEN AUS SCHRÄGSCHICHTUNGS- MESSUNGEN UND GERÖLLORIENTIERUNG	86
1. Maßstäbliche Rekonstruktion eines Schräg- schichtungsblattes	86
1.1 Konstruktion von Formlinien	86
1.2 Abstrahierte, geometrische Darstellung im Schmidt'schen Netz	89
2. Erstellung eines paläogeographischen Profils	90
2.1 Methode	90

	Seite
2.2 Beschreibung und Folgerungen	90
IX. DISKUSSION DER TERRESTRISCH-PHOTOGRAMMETRISCHEN	
SCHOTTERANALYSE	93
1. Methodisch-gefögekundliche Überlegungen	93
2. Anwendungsmöglichkeiten	94
3. Meßfehler und Zeitbedarf	95
4. Noch durchzuföführende Untersuchungen	95
ZUSAMMENFASSUNG	97
VERZEICHNIS DER ZITIERTEN LITERATUR	99
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND ANLAGEN	102

I. EINLEITUNG

1. MÖGLICHKEITEN DER TERRESTRISCHEN PHOTOGRAMMETRIE

Die Entwicklung von terrestrischen Stereomeßkamern und der entsprechenden Auswertegeräte hat die Anwendungsmöglichkeiten der Photogrammetrie für die Geologie wesentlich erweitert. Mit terrestrischen Meßkamern können steile Wände auswertbar photographiert werden, was vom Flugzeug aus nicht möglich ist. Dadurch wird der Geologe in die Lage versetzt, Aufschlußkartierungen mit Hilfe photogrammetrischer Methoden, automatischer Datenregistrierung und -verarbeitung durchzuführen. Hierbei tritt die gefügekundlich-messende Geologie stark in den Vordergrund.

Die Vorteile der terrestrischen Photogrammetrie sind offensichtlich:

- Geländeabschnitte und Aufschlüsse, die nur schwer oder garnicht zugänglich sind, können in die Auswertung einbezogen werden
- Gefügebilder, die sich durch Abbau über- oder untertage rasch ändern oder vernichtet werden, bleiben im Stereophoto auswertbar erhalten
- für statistische Zwecke kann eine Vielzahl von Daten schnell erhoben und verarbeitet werden.

In den Stereomodellen werden vornehmlich zwei geometrische Elemente gemessen: Strecken und Ebenen. Mit den Formeln der analytischen Geometrie lassen sich Streckenlängen und die räumliche Lage von Strecken und Ebenen errechnen. Je nach Untersuchungsziel erhalten die geometrischen Elemente ihre geologische Bedeutung.

Bei der Erfassung von Einzelelementen ersetzt der Geologe seine herkömmlichen Meßinstrumente wie Kompaß und Metermaß durch Formeln.

Gefügebilder, d.h. die räumliche Anordnung von Einzelelementen verschiedenen Charakters zu einander, können quantitativ erfaßt werden. Dadurch wird es dem Geologen ermöglicht, abstrahierende Diagramme in ihrer räumlichen Verknüpfung zu sehen.

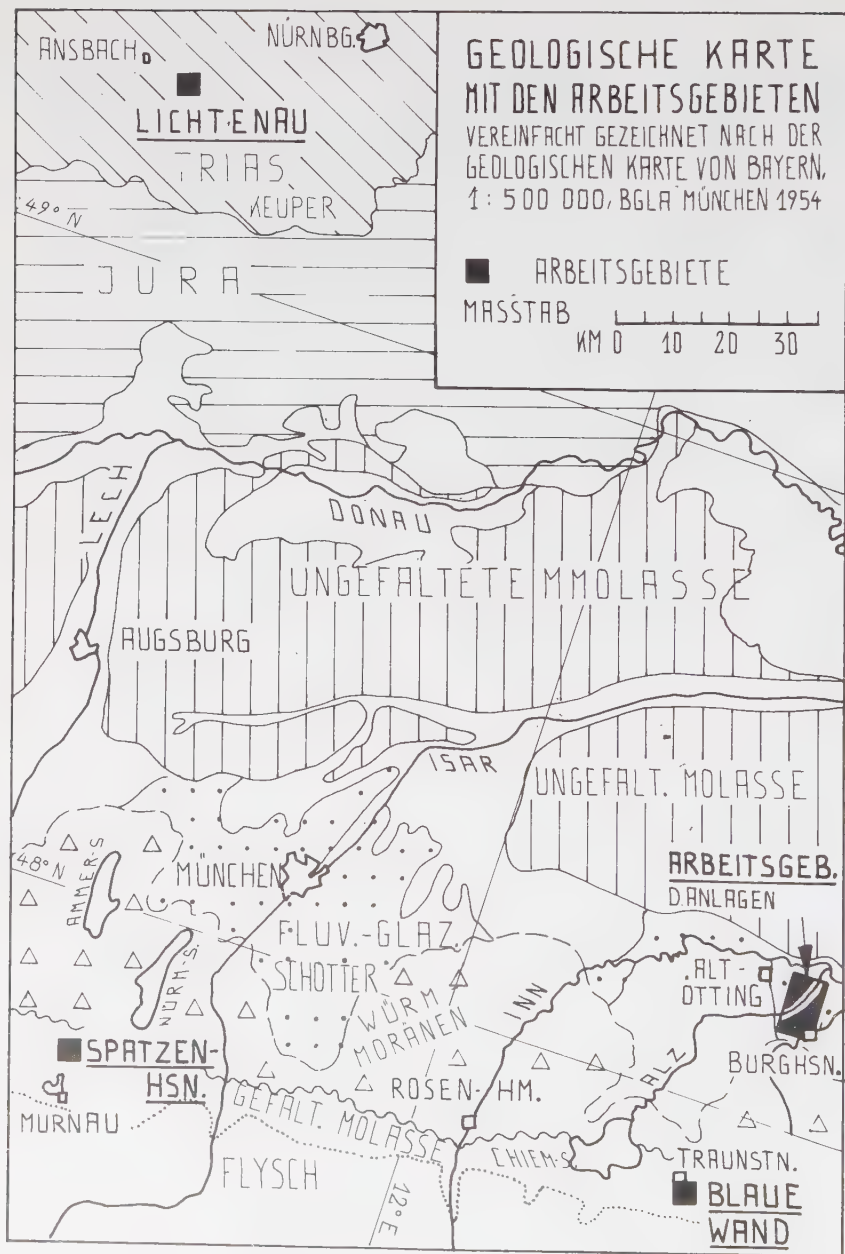


Abb. 1 Lageskizze der Arbeitsgebiete

2. THEMA DER ARBEIT

Bisher wurden in Stereomodellen von über- und untertage gelegenen Aufschlüssen tektonische Elemente, vorallem Trennflächen, gemessen (ADLER, 1969 u. 1970; ADLER, BODECHTEL & HAYDN, 1972; HILLER, 1973). Ein neuer Anwendungsbereich der terrestrischen Photogrammetrie ist die Untersuchung von Sedimentgefügen. Gemäß den Hauptproblemen der Schotteranalyse hat die vorliegende Arbeit folgende Ziele:

- Messung von Schichtung
- Korngrößenbestimmung und -analyse
- Ermittlung der Transportrichtung
- Erstellen von Aufschluß-Gefügekarten
- Analyse der Geröllorientierung.

II. L A G E U N D B E S C H R E I B U N G D E R

P R O B E N G E B I E T E

Die Untersuchungen erstreckten sich auf vier Aufschlußbereiche in Oberbayern und Franken. Es wurden Stereoaufnahmen von quartären, unverfestigten, fluviatilen Schottern, Konglomeraten und Sandsteinen ausgewertet.

1. QUARTÄRE SCHOTTER AM UNTERLAUF DER ALZ IM NORDÖSTLICHEN OBERBAYERN

Die systematischen Untersuchungen wurden an Aufnahmen aus Kiesgruben im nordöstlichen Oberbayern an den Unterläufen der Flüsse Alz und Salzach, im Dreieck zwischen Altötting, Markt und Burghausen mit dem Inn als nördlicher Grenze durchgeführt (Ostteil der Maßstabsblätter Nr. 7742 Altötting und Nr. 7842/43 Burghausen; Abb. 1, Tab. 1, Anl. 1 - 3). Dieses Gebiet bearbeiteten M. Fakhrai (1972) und H. Ludewig (1972); es wurden zehn für photogrammetrische Untersuchungen am besten geeignete Aufschlüsse ausgewählt.

Der größte Teil des Gebietes besteht aus leicht nach Nordosten geneigten Terrassenflächen, die in schmalen Stufen zu den Flüssen Alz,

Tabelle 1

Aufschlußverzeichnis

Lokalität	Kartenblatt	Lage
Alzgern ALZ	7742 Altötting	R 56100 H 44880
Emmerting EMM	7742 Altötting	R 56980 H 41340
Hölzl HLZ	7842/43 Burghausen	R 54820 H 35800
Lengthal LEN	7842/43 Burghausen	R 60100 H 38800
Mehring MEH	7842/43 Burghausen	R 57880 H 38610
Mittling MIT	7742 Altötting	R 58340 H 45500
Piesunger Winkel PIW	7742 Altötting	R 60900 H 46300
Pflanzengarten PFL	7742 Altötting	R 61400 H 42550
Schützing SHU	7742 Altötting	R 60800 H 43800
Südl.Hauptgeräumt SHG	7842/43 Burghausen	R 61000 H 40150
Spatzenhausen SP	8233 Iffeldorf	R 39875 H 87610
Blaue Wand BLW	8141 Traunstein	Straße Traunstein - Siedsorf, Ostufer d.Traun
Lichtenau LIC 1	6730 Windsbach	R 04370 H 60690
LIC 2 u. 3		R 04200 H 60610

Salzach und Inn absteigen. Im Süden erhebt sich der Rücken des Hechenberges (ca. 490 m), der sich nach Burghausen nach Westen erstreckt, und der 494 m hohe Falzberg südwestlich von Mehring. Morphologie und Geologie des Gebietes (Anl. 1 - 3) wurden bestimmt durch die Lage zwischen dem Nordrand des pleistozänen Salzach-Gletschers und dem tertiären Hügelland (ungefaltete Molasse) nördlich des Inns.

Schichten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) stehen am Fuß des Hechenberges und des Falzberges an, deren breite Rücken im wesentlichen von Resten der günz-zeitlichen Deckenschotter (DG) gebildet werden. Im Süden schließen sich die Schotter der Hochterrasse (HT) der Rißstufe an; in ihr liegt die Kiesgrube Hölzl (HLZ).

Nach Norden erstrecken sich die Schotterflächen der würmzeitlichen Niederterrasse (NT) mit den Kiesgruben Mehring (MEH), Lengthal (LEN), Müllgrube südliches Hauptgeräumbt (SHG) und Pflanzengarten (PFL).

In die Niederterrasse schnitten sich während des Holozäns die Flüsse ein und bildeten weitere schmale Terrassenstufen (T 1 - 5), die sich vorallem entlang der Alz finden. In diesen jungen Schottern liegen die Kiesgruben Emmerting (EMM), Schützing (SHU), Piesinger Winkel (PIW), Mittling (MIT) und Alzger (ALZ).

Sämtliche Aufschlüsse befinden sich in nicht bis leicht verfestigten Schottern, die im Vorland des Salzach-Gletschers abgelagert wurden. Die Terrassenschotter sind zum größten Teil schräggeschichtet und zeigen ein mannigfaltiges Neben- und Übereinander von Sand- und Kieslagen und -linsen. Das Bild entspricht Ablagerungen von Flüssen, die vielfach verzweigt waren und deren Transportkraft mit periodisch schwankendem Wasserstand zu- und abnahm.

Feinanteile (kleiner 2 mm) nehmen ca. 20 % ein, Mittelkies (6,3 - 20 mm) etwa 40 %; die restlichen 40 % verteilen sich zu fast gleichen Teilen auf Feinkies und die Fraktion über 63 mm (LUDEWIG, 1972).

Da das Einzugsgebiet des Salzachgletschers bis in die Zentralalpen reichte, wurden Gesteine aus allen Einheiten der Nordalpen durch Eis und Schmelzwässer in das Vorland transportiert. Entsprechend baut sich das Geröllspektrum der Schotter auf: 50 % karbonatische, 15 % klastische, 20 % kristalline und 15 % quarzitisches Gesteine (LUDEWIG, 1972).

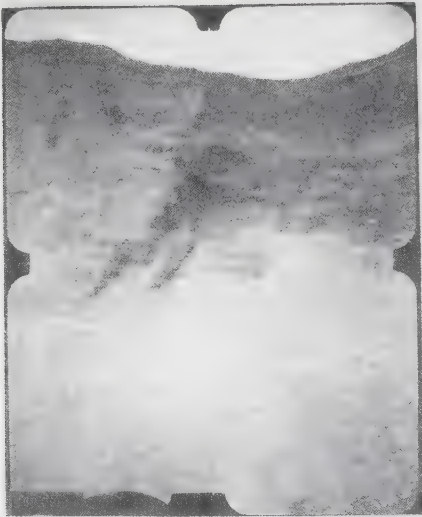


Abb. 2



Abb. 3

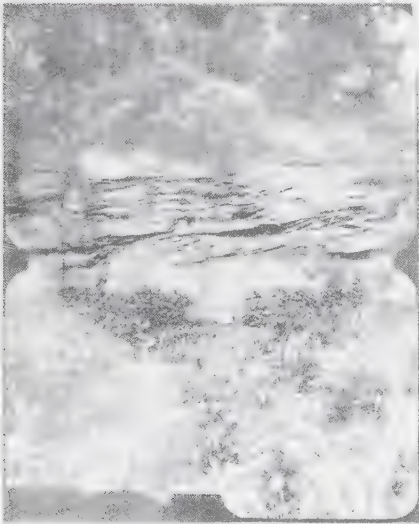


Abb. 4

Abb. 2: Kiesgrube Spatenhausen
bei Murnau/Obb. (SP 7)
Kamera: TMK / Entfernung: 10 m
Basis: 1,2 m / 142 Grad

Abb. 3: Molassekonglomerat "Blaue
Wnd" bei Traunstein/Qbb.
Kamera: TMK / Entfernung: 1,0 m
Basis: 0,1 m / 152 Grad

Abb. 4: Schilfsandstein bei Lich-
tenau/Franken (LIC 1)
Kamera: SMK 120 / Entfernung:
ca. 10 m / Basis: 106 Grad

2. EINZELAUFSCHLÜSSE IN OBERBAYERN UND FRANKEN

Modelluntersuchungen für die Rekonstruktion der Transportrichtung aus Schrägschichtungsmessungen wurden an einer Aufnahme durchgeführt, die aus der Kiesgrube am Westausgang von Spatzenhäusen, 8 km nördlich von Murnau/Obb., stammt (Abb. 1, Tab. 1). Es handelt sich, wie am Unterlauf der Alz, um würmzeitliche, fluviatile Schotter (SCHMIDT-THOME', 1955; ULBRICH, 1971). Sie wurden nach dem Rückzug des Loisach-Gletschers abgelagert und überdecken die Molasseschichten der Murnauer Mulde. Der Aufbau der Schotter ist ähnlich wie im Nordosten Oberbayerns (Abb. 2).

Untersuchungen an Festgesteinen wurden in Aufschlüssen gemacht, die im Rahmen einer Studie für das Bayerische Geologische Landesamt bearbeitet wurden.

Die Korngrößenverteilung in einem Konglomerat wurde aus einem Stereomodell analysiert, das zwischen Traunstein und Siegsdorf/Obb. aufgenommen wurde (Abb. 1 u. 3). Am Ostrand des Trauntales schneidet die Straße das marine, miozäne (Aquitane) "Blaue-Wand-Konglomerat" der subalpinen Molasse an (HAGN & HÖLZL, 1952).

Schrägschichtungsmessungen an Sandsteinen zur Bestimmung der Transportrichtung wurden an Stereomodellen aus Steinbrüchen bei Lichtenau/Franken durchgeführt (Abb. 1 u. 4, Tab. 1). Die Steinbrüche schneiden den Schilfsandstein (Keuper) an, der hier in Flutfazies vorliegt (FUCHS, 1961).

III. GERÄTE UND METHODEN DER TERRESTRISCHEN PHOTOGRAMMETRIE

1. AUFNAHMEGERÄTE (+)

Die Aufnahme der terrestrischen Stereophotos erfolgt mit eigens zu diesem Zweck konstruierten Meßkammern. Es sind 9 x 12 - Plattenkameras mit einer Brennweite von ca. 60 mm.

Um die Aufnahmearbeit zu vereinfachen, werden für Entfernungen zwischen 2,5 m und 50 m von der Firma Carl Zeiss in Oberkochen/Württ. zwei Kamertypen mit konstanter Basis und elektrischer Auslösung hergestellt: die SMK 40 und die SMK 120 (Stereomeßkammer mit der Basis 40 cm bzw. 120 cm). Bei feststehender Blende 11 sind die Kammern so justiert, daß die SMK 40 Aufnahmen zwischen 2,5 und 25 m und die SMK 120 Aufnahmen zwischen 5 und 50 m erlaubt. Abbildung 5 zeigt die SMK 120 aufnahmebereit im Aufschluß.

Für Entfernungen kleiner als 2,5 m und größer als 50 m wird eine einzelne Meßkammer verwandt, die TMK (Terrestrische Meßkammer, Abb. 6). Ohne weitere Zusätze kann die TMK für Entfernungen von 10 - 2.000 m verwandt werden. Mit verschiedenen Vorsatzlinsen kann man bis auf ca. 40 cm an das Aufnahmeobjekt herangehen. Auf jeden Fall muß mit der TMK von zwei verschiedenen Standpunkten, deren Entfernung die Basis ist, aufgenommen werden.

Das Verhältnis Aufnahmeentfernung : Basis soll etwa wie 10 : 1 sein. Daher mußte für die Nahaufnahmen mit der TMK eine Schiene hergestellt werden (Abb. 6), in der die Meßkammer verschoben werden kann, um die notwendige Basislänge von wenigen Zentimetern zu erreichen.

(+) Alle Aufnahme- und Auswertegeräte sind Eigentum der DFG und stehen in der Zentralstelle für Geo-Photogrammetrie und Fernerkundung, München

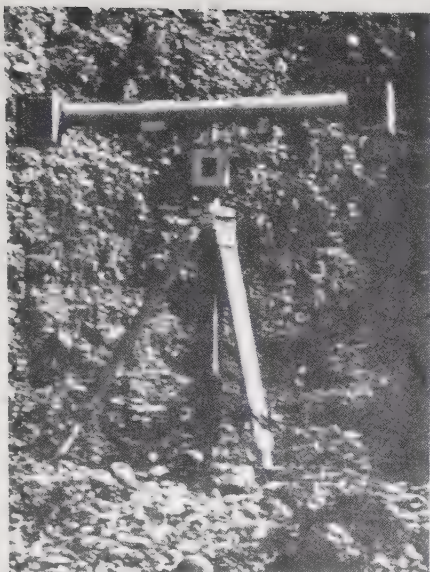


Abb. 5 SMK 120
Holzstativ mit verstellbarer
Mittelsäule, Kasten mit Bat-
terie für elektrische Aus-
lösung

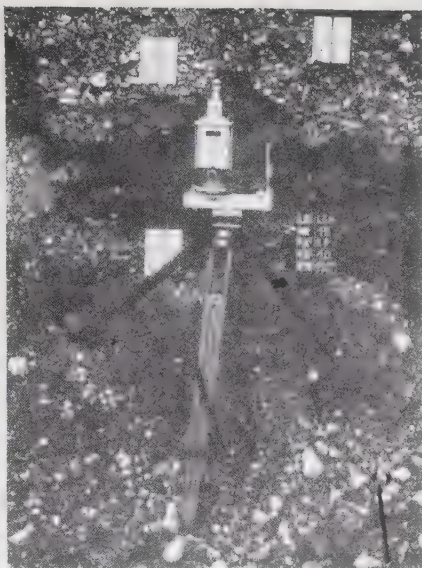


Abb. 6 TMK
Holzleichtstativ, Basisschiene,
aufgesetzte Horizontierlibelle,
3 Festpunkt-Tafeln, 1 Datenta-
fel

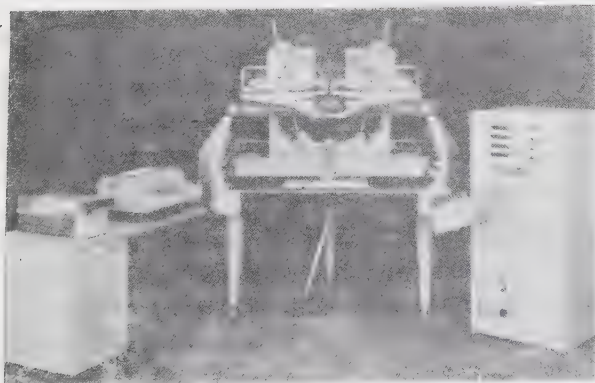


Abb. 7 Planimat D 2
Ecomat 11, .

Schreibmaschine und
Streifenlocher

2. AUFNAHMEMETHODE

Die Qualität der Stereoaufnahmen hängt vor allem von zwei Faktoren ab: vom Verhältnis Aufnahmeentfernung : Basis und von der Horizontierung der Meßkammern.

Das Verhältnis von Objektentfernung : Basis soll zwischen 10 : 1 und 8 : 1 liegen, es kann aber auch erheblich unter- und überschritten werden. Beim Verhältnis 10 : 1 ergeben sich für die einzelnen Meßkammern folgende optimale Entfernungen:

SMK 120 ca. 12 m

SMK 40 ca. 4 m

TMK variabel, da Basis veränderlich.

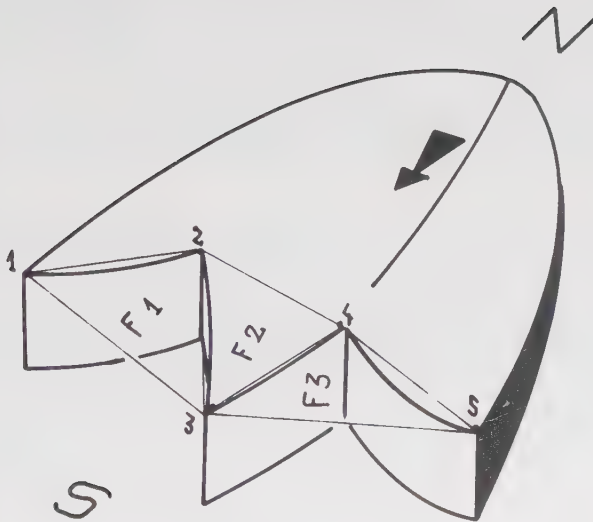
Die Meßkammern müssen so justiert sein, daß sie senkrecht stehen und daß die Basis sowohl parallel zur Aufschlußwand als auch horizontal ausgerichtet ist. Die Horizontierung erfolgt mittels dreier Spindeln am Stativkopf.

Die Richtung zur Aufschlußwand wird mit dem Kompaß bestimmt. Für die Aufnahmen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, ist die Basisrichtung der Winkel, den die Strecke von der linken zur rechten Kammer (hinter den Kameras stehend) mit der Nordrichtung bildet. Das bedeutet: bei Basisrichtung 90° wird nach Norden photographiert, bei 180° nach Osten, bei 270° nach Süden und bei 0° oder 360° nach Westen.

Wenn in den Stereomodellen Längen gemessen werden sollen, müssen Basislänge und Aufnahmeentfernung genau bekannt sein. Da diese Messungen bei der Geländearbeit sehr aufhalten oder nicht möglich sind, ist es einfacher, eine Strecke bekannter Länge im Bild zu markieren. Aus ihr kann im Auswertegerät die richtige Basiseinstellung empirisch ermittelt werden.

Für Aufnahmen von parallelen, hintereinanderliegenden Anschnitten ist es zweckmäßig, im Bild mindestens drei Festpunkte zu markieren. In Lockergesteinen erreicht man dies leicht, indem man entsprechende Täfelchen mit langen Nägeln an der Aufschlußwand befestigt (Abb. 6).

Die Bildnummern und die Bezeichnungen für den Aufnahmestandpunkt (A = linkes Bild, B = rechtes Bild - hinter der Kamera stehend) können in der Kamera eingestellt werden und automatisch mitphotographiert



• MESSPUNKT

F BERECHENBARE FLÄCHE

Abb. 8 Schema für die Lage der Meßpunkte bei der photogrammetrischen Bestimmung von Flächen und Linearen
 Flächen: Meßpunkte in der sichtbaren Fläche P 2, P 3, P 4
 Meßpunkte an Anschnittlinien P 2, P 3 und P 3, P 4
 Lineare: Meßpunkte P 1, P 2 und P 2, P 3 usw.

werden. Es empfiehlt sich jedoch, die wichtigen Daten (Lokalität, Bild-Nr., ungefähre Aufnahmeentfernung, Basislänge und Basisrichtung) auf eine Tafel zu schreiben, die ins Bild gestellt wird. Bei Nahaufnahmen kann darauf gleichzeitig auch der Maßstab vermerkt sein (Abb. 6).

3. AUSWERTEGERÄT UND AUSWERTUNG DER STEREOMODELLE

3.1 Auswertegerät

Die terrestrischen Stereoaufnahmen wurden an einem Zeiss PLANIMAT D 2 ausgewertet, einem photogrammetrischen Gerät 1. Ordnung (Abb. 7). Die geräte-internen rechtwinkligen Raumkoordinaten der Meßpunkte wurden über die ECOMAT 11 - Anlage auf Lochkarten gestanzt. Die automatische Datenregistrierung kann ebenso durch Schreibmaschine oder Magnetband erfolgen.

Für Aufschlußkartierungen steht der Internzeichentisch des PLANIMAT D 2 zur Verfügung, auf dem im Auswertemaßstab gezeichnet wird. Für Vergrößerungen oder Verkleinerungen kann der Externzeichentisch EZ 2 mit den X- und Y-Bewegungen gekoppelt werden (Abb. 7).

3.2 Photogrammetrische Bestimmung von Flächen

Die Raumlage einer Ebene ist gegeben durch drei Punkte, deren geometrischer Ort diese Ebene ist. Mit Hilfe der Formeln der analytischen Geometrie können aus den Koordinaten der drei Punkte P 1, P 2 und P 3 (s. Abb. 8) Streichen und Fallen der Ebene berechnet werden. Auf dieser mathematischen Grundlage beruht die photogrammetrische Bestimmung von Flächenlagen. Dabei hat der Photogeologe den Vorteil, daß er nicht nur direkt sichtbare Flächen einmessen kann sondern auch solche, die sich nur als Linien auf winklig zueinander stehenden Anschnitten zu erkennen geben (z.B. die Fläche P 1, P 2, P 3 in Abb. 8).

Von der Größe und Form der Fläche hängt es ab, wie weit die drei Punkte von einander entfernt sein können. Da die berechnete Ebene einen Durchschnittswert über alle Unebenheiten innerhalb des Drei-

ecks P 2, P 3, P 4 (Abb. 8) liefert, ist es für Untersuchungen an gebogenen Flächen notwendig, mehrere Teildreiecke, d.h. Tangentialflächen, zu berechnen, die, aneinandergesetzt, die Form der Gesamtfläche repräsentieren (Abb. 8).

Für die Berechnung von Flächen und für die statistische Auswertung von Flächen und Linearen im Schmidt'schen Netz stehen in der Zentralstelle für Geo-Photogrammetrie und Fernerkundung (München) Computer-Programme in FORTRAN IV zur Verfügung (ADLER, BODECHTEL & HAYDN, 1972; HAYDN, 1971; HILLER, 1973).

3.3 Bestimmung von Linearen

Das Computer-Programm LINSORT

Für die Berechnung von Linearen aus terrestrischen Stereomodellen wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit das Programm LINSORT entwickelt. Mit Hilfe dieses Programms werden aus den Koordinaten der Endpunkte einer Strecke deren Länge und Richtung berechnet. Ferner werden die Längen für Korngrößenuntersuchungen in Kornklassen und der Größe nach sortiert.

3.31 Lage des Koordinatensystems im Planimat D 2

Der Korndurchmesser ist eine gerade Strecke. Geometrisch ist eine Gerade definiert als die kürzeste, geradlinige Verbindung zwischen zwei Punkten. Um den Abstand zwischen diesen Punkten zu berechnen, müssen ihre Koordinaten bekannt sein. Die Bestimmung der Koordinaten im dreidimensionalen, rechtwinkligen Koordinatensystem ist das Ziel der photogrammetrischen Vermessung.

Da mit Hilfe der Punktkoordinaten aber nicht nur die Länge der Strecke sondern auch ihr Streichen und Fallen berechnet werden kann, ist es notwendig, sich vor dem Aufstellen eines Rechenprogramms über die Lage der X-, Y- und Z-Achse im terrestrischen Stereomodelle klarzuwerden.

Das terrestrische Stereomodelle liegt im Auswertegerät Planimat D 2 so wie das Stereomodelle aus Luftbildern; das bedeutet: das terrestrische Modell ist gegenüber der Natur mit 90° um die X-Achse nach rückwärts gedreht. Daraus ergibt sich für das geräte-interne Koordinatensystem, das dem Computerprogramm LINSORT zugrunde liegt,

folgendes:

- X-Achse : horizontal, von links nach rechts steigende Werte
Z-Achse : horizontal, senkrecht zu X, von vorn nach hinten
steigende Werte
Y-Achse : vertikal, senkrecht zur X-Z-Ebene, von unten nach oben
steigende Werte.

Somit liegt die Aufschlußwand in der X-Y-Ebene, der Kartierebene.

X gibt die Aufschlußbreite, Y die Aufschlußhöhe und Z die Aufschluß-
tiefe an.

3.32 Formeln zur Berechnung der Länge und Richtung von Linearen

Die Endpunkte der zu berechnenden Strecke sind P 1 (X1,Y1,Z1) und
P 2 (X2,Y2,Z2). Die Formel für die Berechnung des Abstandes F der
beiden Punkte lautet:

$$F = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2 + (Z2 - Z1)^2} .$$

Für das Streichen (STR) heißt die Formel:

$$\cos (STR) = Z2 - Z1 : \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Z2 - Z1)^2} .$$

Dieses ist der spitze Winkel, den die Projektion der Strecke auf die
X-Z-Ebene mit der Z-Achse bildet. Um den Streichwinkel in Wiener
Form angeben zu können, muß STR mit dem Basiswinkel korrigiert
werden und auf die Einfallrichtung umgerechnet werden.

Das Fallen (FAW) ergibt sich aus der Formel:

$$\sin (FAW) = Y2 - Y1 : F .$$

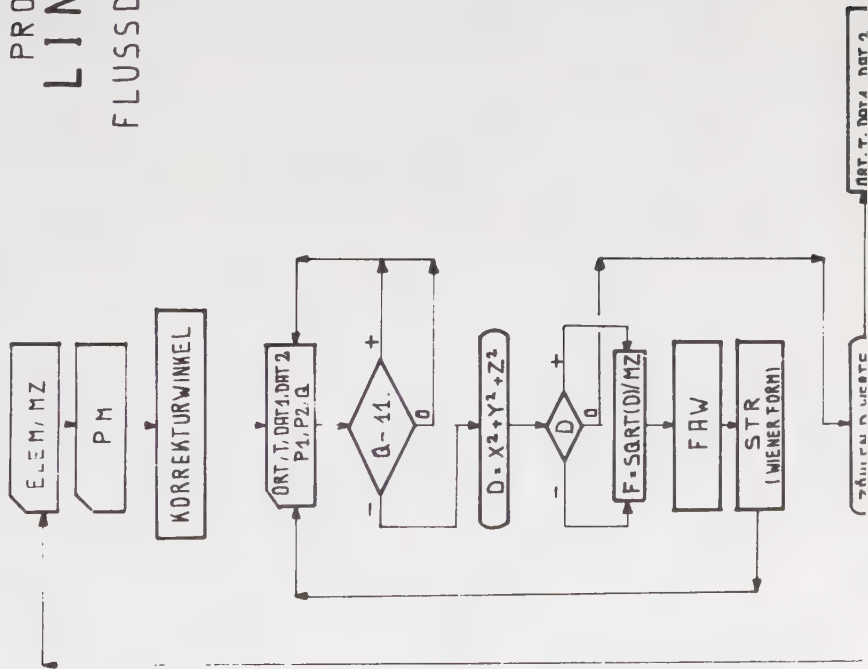
Hiermit wird der spitze Winkel zwischen der Strecke und der X-Z-
-Ebene angegeben.

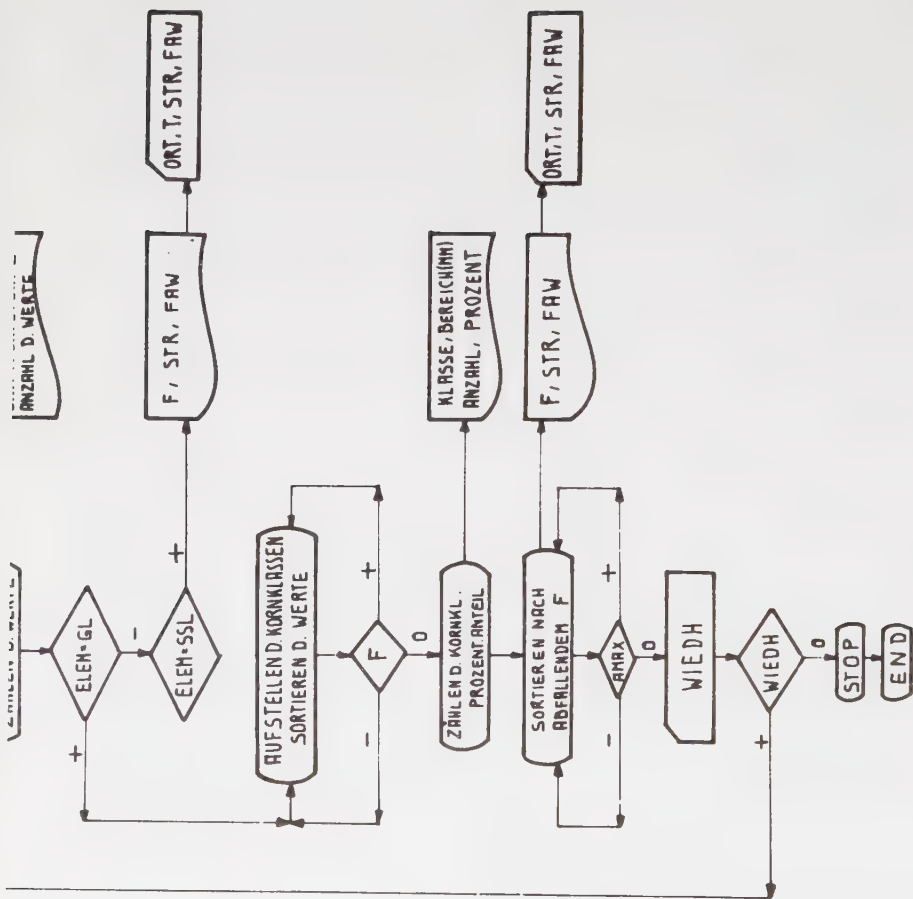
3.33 Flußdiagramm zum Programm LINSORT und Programmbeschreibung

Die einzelnen Rechenschritte bei der Bestimmung von Abstand, Strei-
chen und Fallen der Lineare und bei ihrer Sortierung sind schematisch
und vereinfacht in einem Flußdiagramm dargestellt (Abb. 9).

Abb. 9

PROGRAMM LINSORT FLUSSDIAGRAMM





Als FORTRAN-Programmierunterlagen für die Erstellung des Rechenprogramms dienten die Arbeiten folgender Autoren: BREUER (1969), MÜLLER, D. (1969), MÜLLER & STREKER (1967) und SPIESS & RHEINGANS (1972).

Zunächst wird eine Datenkarte eingelesen, auf der die Art der zu berechnenden Lineare verzeichnet ist (SSL = Schrägschichtungslineare, GL = Geröll-Längsachsen). Aus der zweiten Datenkarte gehen die Maßstabszahl MZ und der Basiswinkel PM hervor, aus dem der Korrekturwinkel für die absolute Orientierung der Lineare ermittelt wird. Anschließend wird anhand der Größe Q (Spalte 53 und 54) auf den folgenden Datenkarten geprüft, ob der Abstand F zwischen P 1 und P 2 berechnet werden soll, ob F = 1 gesetzt werden soll, wenn die Korngröße unter 2 mm liegt, oder ob die Datenkarte nicht beachtet werden darf.

Trifft der erste Fall zu, werden der Abstand F, das Fallen FAW und das Streichen STR in Wiener Form berechnet. Dabei sorgt die Maßstabszahl MZ dafür, daß F immer in mm errechnet wird.

Bis hierhin ist der Programmablauf für beide Arten von Linearen gleich. An dieser Stelle des Programms wird geprüft, um welche Art von Linear es sich handelt. Sind es Schrägschichtungslineare (SSL), erfolgt sofort die Ausgabe des Lokalitätsnamens, der Aufschlußnummer, des Aufnahmedatums, der Länge (mm) und des Streichens und Fallens in Wiener Form über den Schnelldrucker und die Ausgabe der Richtungswerte auf Lochkarten.

Handelt es sich um Geröll-Längsachsen (GL), wird über den Schnelldrucker das Maßraster mit den F-Werten ausgedruckt. Die F-Werte werden in logarithmisch geteilte Kornklassen (kleiner 2 mm, 2 - 6,3 mm, 6,3 - 20 mm, 20 - 63 mm, usw.) sortiert. Anschließend wird der prozentuale Anteil für jede Kornklasse ausgerechnet und über den Schnelldrucker ausgegeben.

Es folgt eine weitere Sortierung der GL nach abfallenden Werten von F. Die Richtungswerte der so sortierten GL werden auf Lochkarten ausgegeben.

Nach Durchlaufen aller Datenkarten wird geprüft, ob die Größe WIEDH gleich oder größer Null ist. Hat WIEDH einen Wert größer als Null, so folgt ein weiterer Datensatz. Andernfalls ist der Rechengang beendet.

3.34 Anweisungsschema für die Dateneingabe

Datenkarte	Spalte	Zeichen	Programmgröße	Bemerkungen
1	1-3	3 Buchst.	^GL	Sortieren in Kornklassen u. nach abfallenden Werten von F. Ausgabe der Kornverteilung, des Meßbrasters. Ausgabe der Richtung auf Lochkarte
		o d e r		
			SSL	Liste der berechneten Werte. Ausgabe der Richtung auf Lochkarte
	4-6	3 Zahlen	MZ	ergibt sich aus der Aufnahmeentfernung u. ergibt Länge in "mm"
2	1-3	3 Zahlen	PM	Basiswinkel, gemessen von N Üb. E Üb. S nach W
3	1-3	3 Buchst.	DRT	Lokalitätsbezeichnung
	4-5	2 Zahlen	T	Aufschluß-Nr. / Probe-Nr.
	6-7	2 Zahlen	DAT 1	Monat der Aufnahme
	8-9	2 Zahlen	DAT 2	Jahr der Aufnahme
	10-27	18 Zahlen	P 1	x1, y1, z1
	28-29	2 Zahlen	Q	
	30	1 e e r		
	31-48	18 Zahlen	P 2	x2, y2, z2
	49-50	2 Zahlen	Q	Q < 11, F wird berechnet Q = 11, F = 1 Q > 11, Fehlstelle im Meßbraster
1				
.				
.				
.				
.				
1000	1-9	s i e h e K a r t e 3		
	10-50	l e e r		Ende des Datensatzes
1001	1	1 Zahl	WIEDH	WIEDH > 0, es folgt ein neuer Datensatz WIEDH = 0, Ende

3.4 Weiterverarbeitung der Richtungsdaten mit dem Programm GELI

Die Raumlage von Flächen und Linearen werden bestimmt, damit Gefügeeigenschaften und -zusammenhänge des untersuchten Bereiches erkannt werden können. Ein gängiges Verfahren der Gefügekunde besteht darin, daß Lineare und Flächen oder deren geometrische Äquivalente in die Äquatorständige Projektion der Lagenkugel (Schmidt'sches Netz) eingetragen werden. Diese mechanische Arbeit nimmt dem Bearbeiter das Computerprogramm-GELI ab (ADLER, KRÜCKEBERG, PFISTERER, PILGER & SCHMIDT, 1958; HAYDN, 1971).

In das Schmidt'sche Netz (untere Lagenhalbkugel) werden die Durchstoßpunkte der Flächennormalen oder der Lineare eingetragen. In einem zweiten Diagramm wird die Belegungsdichte mit verschiedenen markierten Prozentlinien gezeichnet.

In einem dritten Programmteil werden alle Elemente des Diagramms mit einander geschnitten. Dabei werden zu den Polpunkten die Großkreise berechnet und zum Schnitt gebracht. Im dritten Diagramm erscheint also die Verteilungsdichte der Durchstoßpunkte von Flächenschnittkanten (CUTALL-Diagramm). Das bedeutet: werden Flächen mit einander geschnitten, ergeben sich Normalen von Flächen, die senkrecht zu den gemessenen Flächen stehen; werden Lineare mit einander geschnitten, entstehen die Normalen zu den Flächen, in denen die Lineare liegen (s. Kap. VI,2).

3.5 Meßstellenanordnung

Für systematische, gefügekundliche Untersuchungen ist es notwendig, eine gleiche Zahl von Messungen über einen gleich großen Bereich objektiv zu verteilen. Dies wird am besten dadurch erreicht, daß in immer gleichen horizontalen und vertikalen Abständen gemessen wird.

Im Gelände, besonders an großen Aufschlußwänden, bereitet das Anbringen eines solchen Rasters Schwierigkeiten. Ganz einfach ist das Problem jedoch im terrestrischen Stereomodell zu lösen. Im Planimat D 2 werden in einer beliebigen senkrechten Ebene (X-Y-Ebene) mit den Handrädern für die X- und Y-Bewegung die Rasterpunkte an-

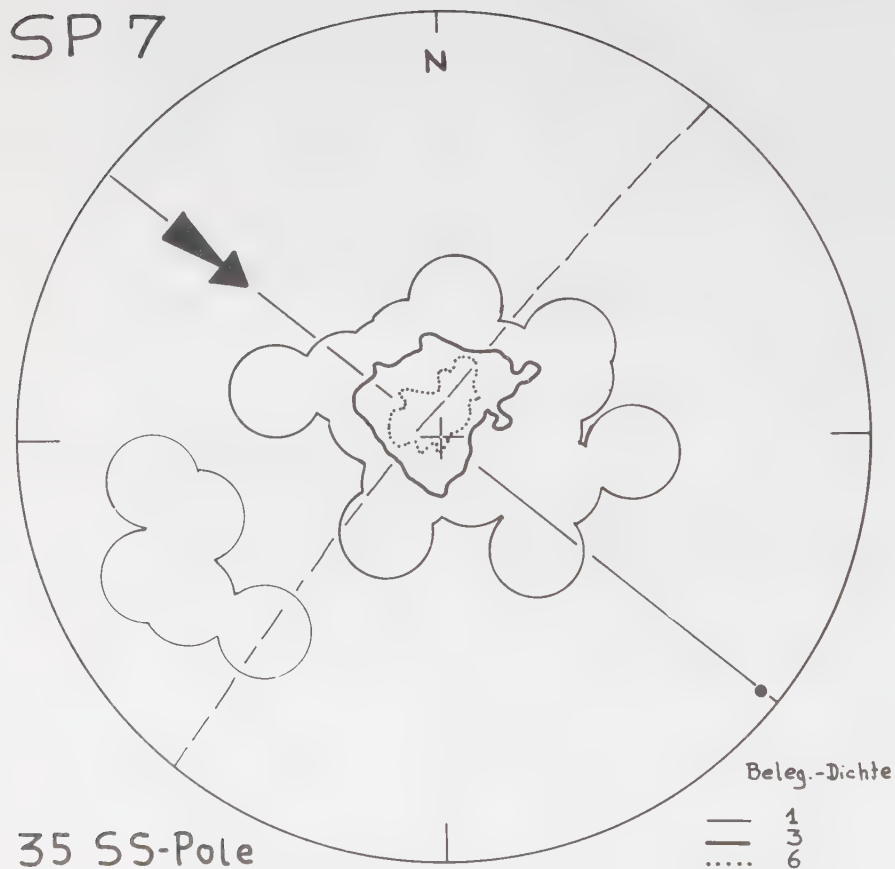


Abb. 10 Polpunktverteilung von photogrammetrisch gemessenen Schräg-
schichtungsflächen (untere Lagenhalbkugel)
Transportrichtung = Pfeil nach SE
Kiesgrube Spatzenhausen bei Murnau/Obb. (s. Abb. 2)

gefahren. Mit der Bewegung in Z-Richtung wird dann die Meßmarke genau senkrecht auf die Probenfläche gesetzt; hier liegt das zu vermessende Element.

Die Maschenweite des Rasters ist abhängig von der Aufnahmeentfernung und von der durchschnittlichen Größe der zu vermessenden Objekte. Diese "Gummieigenschaft" von Rastern bereitet der Photogrammetrie bei der Kombination Planimat D 2 und Ecomat 11 keine Schwierigkeiten (s. Kap. III,3).

Bei Nahaufnahmen aus 1 m Entfernung können Rasterschritte von minimal 1/10 mm in der Natur eingestellt werden; bei 10 m Entfernung kann die Maschenweite des Rasters immer noch 1 cm betragen, d.h. die Möglichkeiten des Auswertegerätes liegen weit über der im Aufschluß realisierbaren Genauigkeit und Notwendigkeit.

IV. BESTIMMUNG DER TRANSPORTRICHTUNG AUS SCHRÄGSCHICHTUNGSMESSUNGEN

1. ERMITTLUNG DER TRANSPORTRICHTUNG AUS FLÄCHENMESSUNGEN

Schrägschichtungsflächen werden im Stereomodell nach der in Kap.III, 3.2 geschilderten Methode gemessen. Die Polpunkte zu den Teilflächen werden ins Schmidt'sche Netz eingetragen. Aus der Polpunktverteilung bestimmt man nach der üblichen Methode (WURSTER, 1958; POTTER & PETTIJOHN, 1963) die Strömungsrichtung. Diese Methode wurde angewandt auf die Auswertung eines terrestrischen Stereomodells aus der Kiesgrube Spatzenhäusen bei Murnau/Obb. (Abb. 10). Es ergab sich eine Strömungsrichtung nach Südosten.

2. ERMITTLUNG DER TRANSPORTRICHTUNG AUS ANSCHNITTLINIEN VON SCHRÄGSCHICHTUNGSFLÄCHEN

2.1 Theoretische Überlegungen

ILLIES (1949) gibt eine Methode an, wie aus der Messung zweier

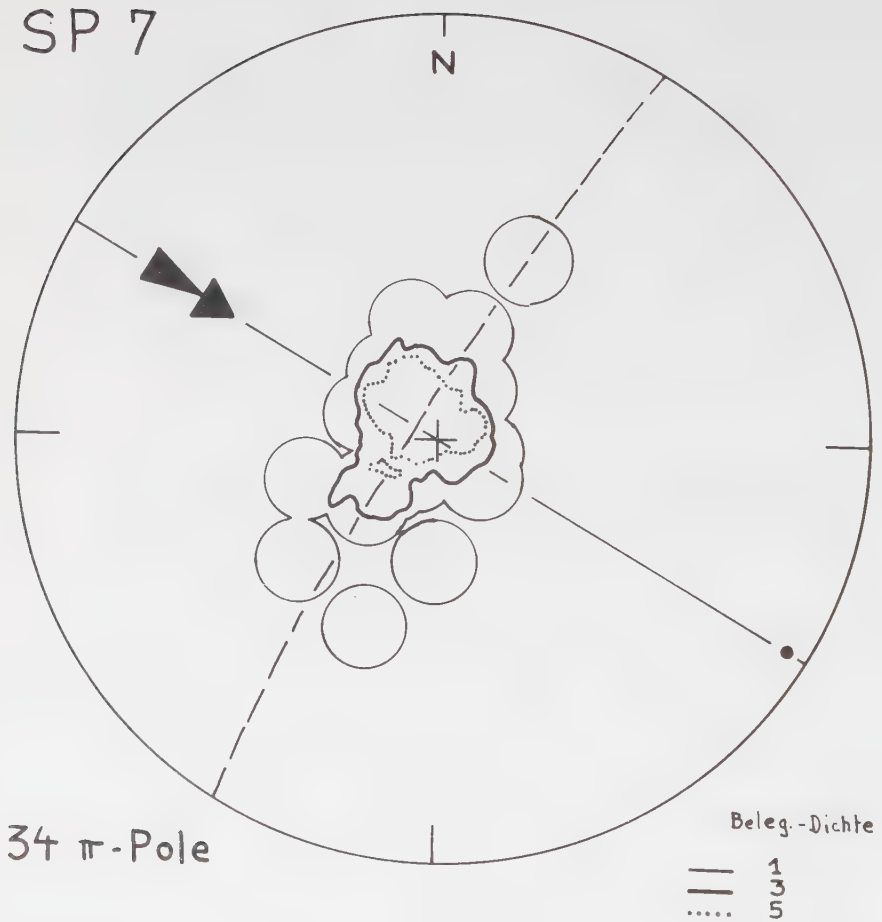


Abb. 11 Polpunktverteilung von Flächen, die aus je zwei zusammengehörigen Schrägschichtungslinearen ermittelt wurden.
Transportrichtung = Pfeil nach SE
Kiesgrube Spatzenhausen bei Murnau/Obb.

Anschnittslinien einer Fläche die räumliche Lage dieser Fläche in der polständigen Projektion der Lagenkugel konstruktiv ermittelt werden kann. Dieses Verfahren läßt sich einfacher in der äquatorständigen Projektion durchführen. Der Großkreis, auf dem die Durchstoßpunkte der Anschnittslinien liegen, ist der Großkreis der Fläche, die die eingemessenen Schnittlinien verursacht. Zudem sind bei dieser Konstruktion keine - wie von ILLIES (1949) gefordert - vertikalen Anschnitte notwendig. Das geht aus der Tatsache hervor, daß die Schnittlinien immer in der erzeugenden Fläche liegen, gleichgültig unter welchem Winkel diese geschnitten wird.

In dem oben genannten Stereomodell SP 7 wurden 68 Schnittlinien unabhängig von den vorher gemessenen Flächen ermittelt, aus je zwei zusammengehörigen Linearen der Flächenpol bestimmt und die Strömungsrichtung rekonstruiert (Abb. 11). Die Übereinstimmung mit Abbildung 10 ist deutlich.

Es ist auffällig, daß die Bearbeiter nach den bisherigen Methoden immer von einzelnen Schrägschichtungsflächen ausgehen, die sie entweder direkt gemessen oder erst konstruiert haben. Vielfach sind diese Methoden garnicht oder erst nach mehr oder weniger umfangreichen Vorarbeiten anwendbar. Es liegt daher nahe zu untersuchen, ob nicht die direkte Auswertung der Schnittliniendiagramme bereits brauchbare Ergebnisse liefert. Dazu ist es sinnvoll, sich theoretischer Verteilungsbilder der Schnittlinienpole im Schmidt'schen Netz und ihre Deutung zu überlegen, wie es im folgenden anhand der Abbildung 12 beschrieben wird.

Man denke sich ein Schrägschichtungsblatt, das entstanden ist bei südgerichteter Strömung. Es wird eine Form haben wie eine flache Mulde, die nach Süden abtaucht. Ferner setze man horizontale Lagerung des Sedimentverbandes voraus.

Bei Querschnitten durch den Schrägschichtungskörper ergäbe sich dann eine randliche Streuung in Ost-West-Richtung. Der Großkreis zu dieser Streuung gäbe nur die Lage der Anschnittfläche wieder. Man kann daraus nur die Strömungsachse ermitteln - in diesem Fall Nord-Süd - nicht aber ihr Abtauchen, d.h. die Strömungsrichtung.

Längsschnitte ergäben eine Streuung um den Südpol des Diagramms. Die mittlere Richtung dieses Feldes im Diagramm gäbe die Strömungsrich-

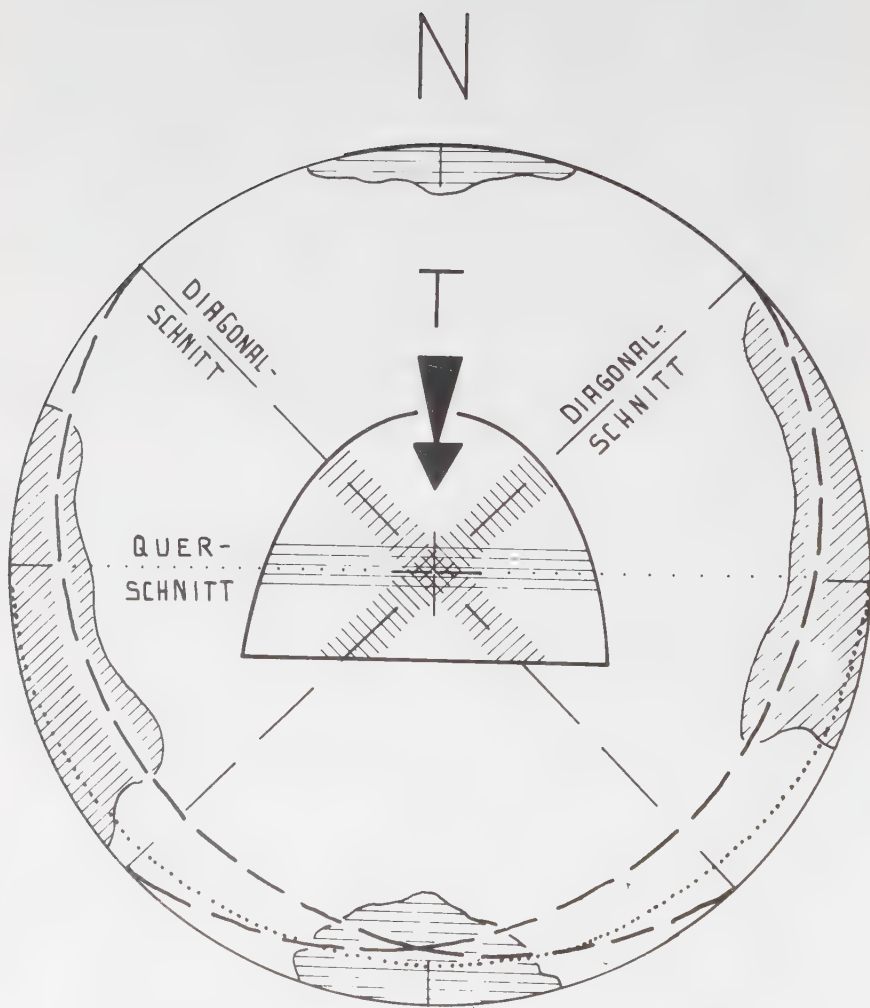


Abb. 12 Auswerteschema von theoretischen Verteilungsbildern von Anschnittlinien von Schrägschichtungsblättern bei Schnitten quer, diagonal und parallel zur Transportrichtung T

tung eindeutig an.

Diagonalschnitte erzeugen Streufelder, die zwischen den beiden vorher genannten Extremen liegen.

Durch das Relief von Aufschlußwänden wird man in der Natur eine Mischung aus zweien oder mehreren dieser theoretischen Fälle vorfinden, in der Überwiegenden Zahl wohl spitzwinklige Anschnitte von Schrägschichtungsblättern. Daraus können zwei Hauptgruppen von Diagrammbildern entstehen. Die erste gibt eine Anschnittlage wieder, die mehr oder weniger um den Längsschnitt variiert (Abb. 12). Der Großkreis, der durch eine solche Polpunktverteilung konstruiert werden kann, repräsentiert eine Fläche, die in Strömungsrichtung geneigt ist. Diese Fläche entspricht einer Tangentialfläche an den Boden des Schrägschichtungsblattes.

Der zweite Fall ergibt sich, wenn die Anschnittflächen einen stumpfen Winkel miteinander bilden und um den Querschnitt streuen. Dann sind zwei Großkreise zu bestimmen. Sie entsprechen Tangentialflächen an den Flanken des Schrägschichtungsblattes; ihr Schnittpunkt im Diagramm ist der Durchstichpunkt der Schnittkante der Tangentialflächen. Diese Schnittkante ist eine Tangente an die Scheitellinie der Schrägschichtungsmulde; ihr Einfallen zeigt also in Richtung der ehemaligen Strömung.

Diese Überlegungen zeigen, daß es notwendig ist, zwei winklig zueinander stehende oder zwei parallele, hintereinander liegende Anschnitte zu vermessen, damit diese Überlegungen angewandt werden können. Die Anwendbarkeit der Methode bleibt nicht auf ein einzelnes Schrägschichtungsblatt beschränkt. Sie gilt in jedem homogenen Strömungsbereich, sei es zur Ermittlung der Strömungsrichtung, die eine Sandlinse entstehen ließ, oder sei es zur Rekonstruktion der allgemeinen Transportrichtung in einem weiten Schotterfeld mit großen Schrägschichtungskörpern. Somit ist diese Methode besonders geeignet für den Photogeologen, da er schnell und exakt in Nahaufnahmen Feinstrukturen zu vermessen und in Stereomodellen von großen Aufschlußwänden Hauptrichtungen festzustellen vermag. Dabei kann der bildauswertende Geologe auch Kriterien für Schrägschichtung heranziehen wie Korngrößenunterschiede und Farbänderungen, die vor allem in groben Sedimenten bisher weitgehend unberücksichtigt bleiben mußten.

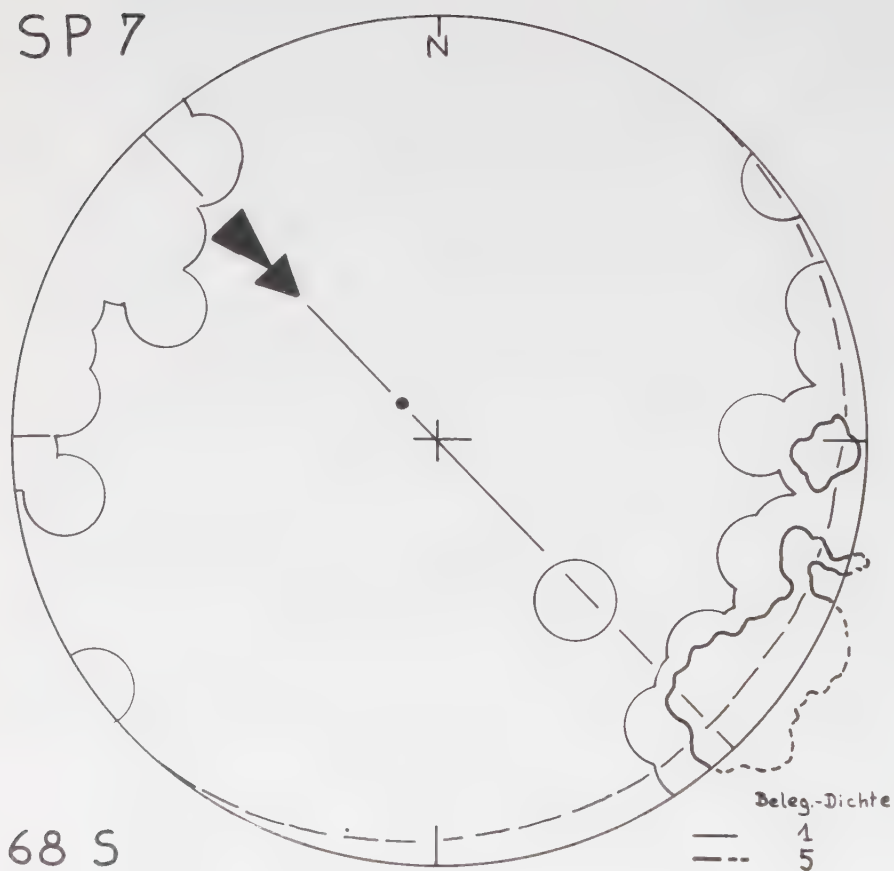


Abb. 13 a Beta-Polverteilung von Schrägschichtungslinearen bei vorwiegend Längs- und Diagonalschnitten von Schüttungskörpern.
 Transportrichtung = Pfeil nach SE (s. Abb. 10 u. 11)
 Kiesgrube Spatzenhausen bei Murnau/Obb.

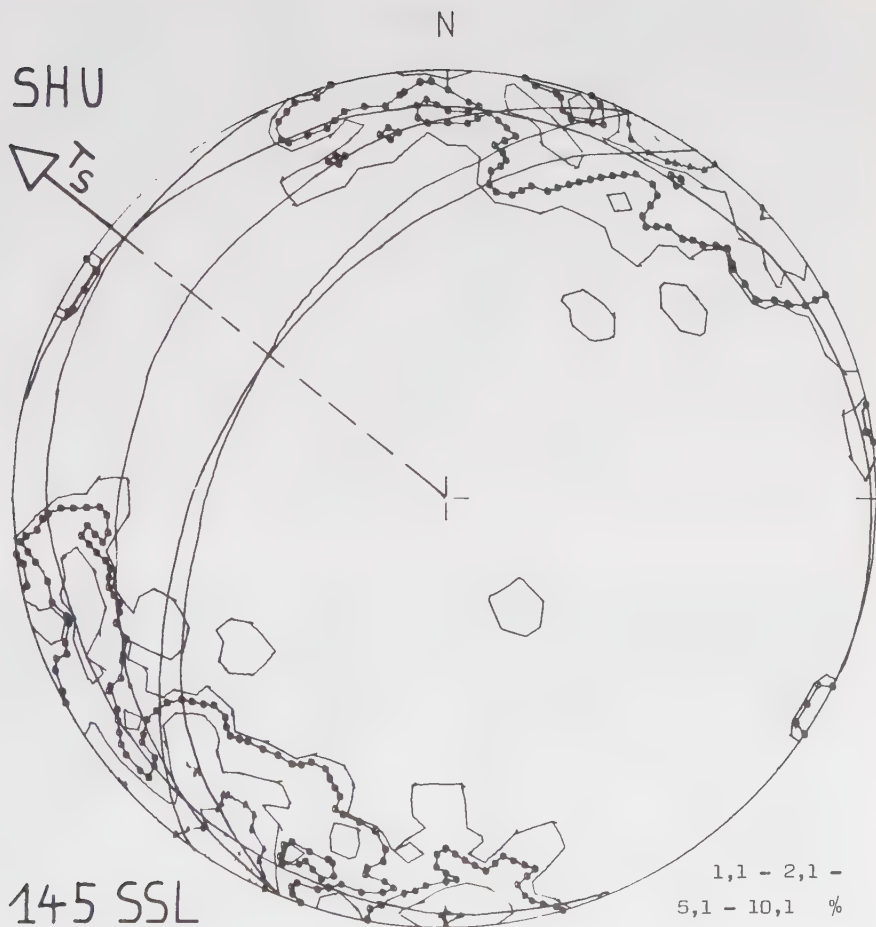


Abb. 13 b Beta-Polverteilung von Schrägschichtungslinearen bei Quer- und Diagonalschnitten von Schrägschichtungskörpern.
Transportrichtung T_s nach NW
Kiesgrube Schützing an der Alz/Obb.

2,2 Beispiele aus quartären Schottern und dem triassischen Schilfsandstein

Die unter 2.1 geschilderten Überlegungen wurden an mehreren Beispielen geprüft. Abbildung 13 a zeigt die Beta-Polverteilung von 68 Anschnittlinien von Schrägschichtungsflächen aus der Kiesgrube Spatzenhausen (SP 7). Die Schrägschichtungsblätter wurden überwiegend längs geschnitten (Abb. 2); daher läßt sich nur ein Großkreis ziehen. Er gibt eine mittlere Fläche an, parallel zu deren Fallrichtung die Strömung verläuft. Die Transportrichtung ist die gleiche, wie sie aus den Flächenpol-Diagrammen der Abbildungen 10 und 11 hervorgeht. Die Beta-Polverteilung beim Überwiegen von Quer- und Diagonalschnitten von Schrägschichtungsblättern ist aus Abbildung 13 b ersichtlich. Es handelt sich um die Auswertung der Probe Schützing (Abb. 1 u. 20, Anl. 1 - 3). Es lassen sich zwei Großkreispaafe zeichnen, die winklig zueinanderstehende Tangentialflächen eines allgemeinen Schrägschichtungsblattes darstellen. Zur Rekonstruktion der Strömungsrichtung dürfen nur die Flächen herangezogen werden, deren Einfallen etwa gleich ist. Die Beta-Pole der Schnittkanten aus den zwei Flächenpaaren liegen auf einer Geraden. Die Richtung jeder der beiden Schnittkanten gibt die Transportrichtung an. Der mittlere Großkreis entspricht nur der Streuung von Diagonalschnitten. Die Fallrichtung der zugehörigen Fläche ist die Strömungsrichtung (T_S). Während die Abbildungen 13 a und b vqr allem die Verteilungsbilder der Anschnittlinien bei verschiedener Orientierung der Aufschlußwand zum Schüttungskörper zeigen sollen, machen die Abbildungen 14 und 15 a - c die Einsatzmöglichkeiten der terrestrischen Photogrammetrie in schwierigem Gelände deutlich und beweisen die Anwendbarkeit der Methode auch auf verfestigte Gesteine. Die Messungen stammen aus dem Schilfsandstein bei Lichtenau/Franken (Abb. 1).

Aus dem Diagramm LIC 1 (Abb. 14) ist eine Schüttungsrichtung T_S von 304° zu rekonstruieren. Das für die Messungen notwendige Relief fand sich nur im oberen Teil der etwa 7 m hohen Aufschlußwand (Abb. 4). Im zweiten Schilfsandsteinbruch von Lichtenau (Abb. 15 a, Tab. 1) wären Handmessungen kaum möglich gewesen, da einmal die Wände kaum Relief zeigen und da zum anderen die eine Wand wegen eines vorgelegerten Tümpels nicht erreichbar ist. Die Aufnahmeentfernung beträgt

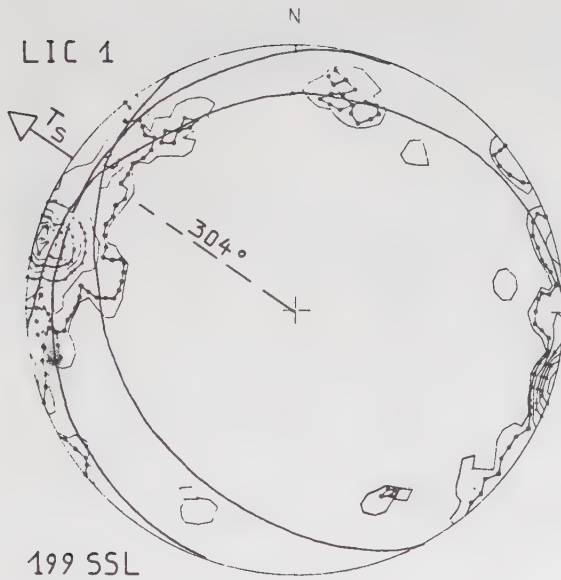


Abb. 14 Beta-Polverteilung von Schrägschichtungslinien im Schilfsandstein bei Lichtendu/Franken (s. Abb. 4)
 T_s = Transportrichtung

1,1 - 2,1 - 5,1 - 10,1 -
 15,1 - 20,1 - 25,1 %



Abb. 15 a Zwei Steinbruchwände im Schilfsandstein bei Lichtenu/Franken
 LIC 2, Entf.: 8m, Basis: 202°
 SMK 120

LIC 3, Entf.: 15 m, Basis: 77°
 SMK 120

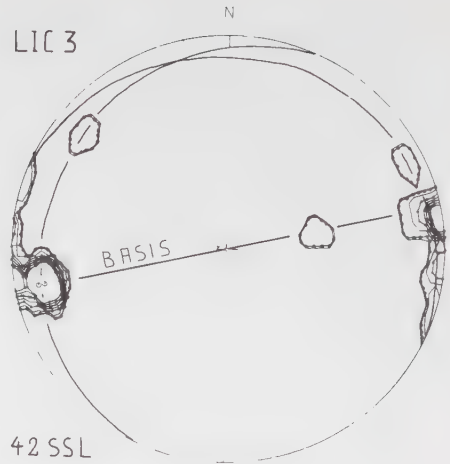
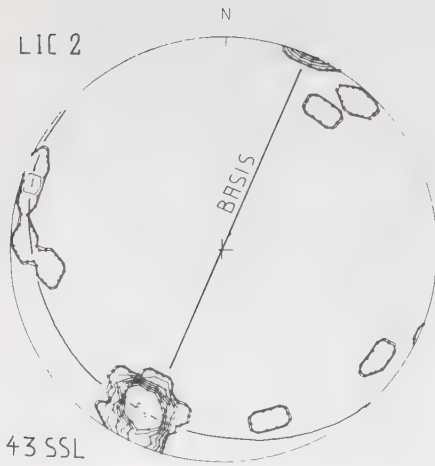


Abb. 15 b Beta-Polverteilungen von Schrägschichtungslinearen, gemessen aus den Wänden der Abb. 15 a

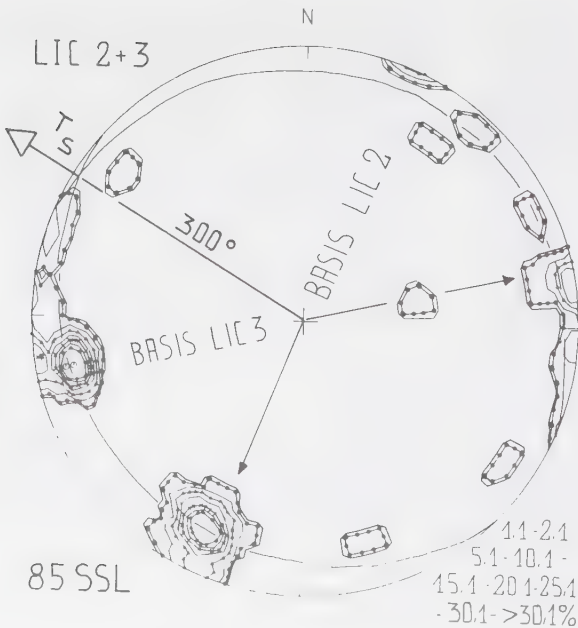


Abb. 15 c Kombination der Diagramme LIC 2 u. 3 zur Ermittlung der Transportrichtung $T_S = 300^\circ$

etwa 20 m. Beide Aufschlußwände stoßen aneinander, sodaß sie sich bezogen auf die Hauptschüttungsrichtung in einem homogenen Bereich befinden. Aus der Kombination der beiden Schnittlinien-Diagramme LIC 2 und 3 (Abb. 15 b u. c) ergibt sich eine Transportrichtung von 300° .

2.3 Anwendung auf die quartären Schotter am Unterlauf der Alz / Obb.

2.3.1 Diskussion der Methode

In den Quartär-Schotteraufschlüssen in Nordost-Oberbayern (Abb. 1, Anl. 3) wurden in denselben Probenflächen von 1 m^2 , in denen die Geröllachsen gemessen wurden, auch die Richtungen der Anschnittlinien von Schrägschichtungsblättern bestimmt. Die Möglichkeiten der Photogrammetrie erlaubten dabei, Schrägschichtung auch dort zu erkennen und zu vermessen, wo die Bearbeiter FAKHRAI (1972) und LUDEWIG (1972) keine Schrägschichtung zur Bestimmung der Strömungsrichtung verwerten konnten. Sie rekonstruierten die Schüttungsrichtung aus der Einkippung plattiger Gerölle. Daher ist es besonders interessant, beide Methoden auf ihre Ergebnisse hin zu vergleichen. Es muß jedoch beachtet werden, daß sich die Strömungsrichtungen, die aus der Lagerung plattiger Gerölle bestimmt wurden, wegen der Anordnung der Meßstellen auf den Gesamtaufschluß beziehen, während die Transportrichtung, die aus den Schrägschichtungsanschnitten ermittelt wurde, nur auf die jeweilige Probenfläche von 1 m Breite und 1 m Höhe bezogen werden kann. Das bedeutet, daß die ermittelte Schüttungsrichtung zwar für den Transport kurz vor Ablagerung der Körner verantwortlich war, daß sie aber nicht unbedingt mit der Hauptrichtung gleichzusetzen ist; hierzu müßten mehrere derartige Messungen in einem Aufschluß durchgeführt werden.

Bei der Bestimmung der Strömungsrichtung kommt es im wesentlichen darauf an, zu welchem Zweck sie dienen soll. Es kann angenommen werden, daß die Wahrscheinlichkeit, daß man sich bei fast punktueller Probennahme (terrestrische Photogrammetrie) in einer strömungshomogenen Bereich befindet, größer ist als bei Verteilung der Messungen

Über eine große Aufschlußwand. Gerade für gefügekundliche Untersuchungen ist aber die Einhaltung des Homogenitätsbereiches wichtig (Kap. IX). Und die Transportrichtung ist ein gefügebestimmendes Element.

2.32 Vergleich der Ergebnisse von Gelände- und Bildmessungen

Eine numerische Gegenüberstellung der Ergebnisse beider oben erwähneter Methoden zeigt die folgende Tabelle 2.

Tabelle 2: Vergleich der Transportrichtungen

Aufschluß (Abkz.s. Tab. 1)	Handmessung (platt.Gerölle) (M.FAKHRAI (1972), H.LUDEWIG (1972))	photogramm.Messung (Schrägschichtungs- lineare)
PIW	280°	225°, 328°
SHU	320° - 40°	315°
PFL	20° - 90°	60°, 340°, 356°
SHG	310° - 45°	42°
LEN	318°	5°, 336°
ALZ	20°	24° (Gesamtaufschluß)
MIT	45°	335°
ENM	25°	12°, 353°

Es stellt sich heraus, daß die Ergebnisse aus Gelände- und Bildmessung gut bis größenordnungsmäßig übereinstimmen. Größere Differenzen können damit erklärt werden, daß vor allem in feineren Partien sehr lokale Schüttungen erfaßt wurden. Eine regionale Übersicht der Transportrichtungen, die in den Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb. ermittelt wurden, gibt Anlage 3.

2.33 Regionale Deutung

Die Schrägschichtung wurde in Schottern gemessen; d.h. sie wurde verursacht durch Strömungen, die stark genug waren, Gerölle von über 20 mm Durchmesser zu transportieren. Ein Fluß mit einer so kräftigen

Strömung neigt nicht dazu, sehr stark zu mäandrieren. Es bilden sich höchstens Verzweigungen, deren Richtungen um die generelle Transportrichtung streuen. Daher wurden die Schüttungsrichtungen T_S mit ihrer geographischen Lage in die geologische Karte eingetragen (Anlage 3).

In den Aufschlüssen Alzger (ALZ), Mittling (MIT), Emmerting (EMM), Hölzl (HLZ), Mehring (MEH) und Lengthal (LEN) (Hoch- und Niederterrasse) liegen die NNW- bis NNE-Schüttungsrichtungen parallel bis spitzwinklig zum heutigen Verlauf der Alz, in Richtung auf das Inn-Tal, das wohl im Pleistozän schon eine Erosionsbasis darstellte. Die Schüttungsrichtungen nach NW bis W in den Kiesgruben Schützing (SHU) und Piesinger Winkel (PIW) (holozäne Terrassen) stehen senkrecht auf dem heutigen Verlauf der Alz. Dies kann durch stärkeres Mäandrieren des Flusses im Bereich seiner Erosionsbasis erklärt werden.

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Aufschlüssen war die Schüttungsrichtung in der Niederterrasse bei den Probenpunkten Pflanzgarten (PFL) und südliches Hauptgeräut (SHG) nach NE bis ENE gerichtet. Die Ursache hierfür könnte sein, daß zwischen Lengthal und Pflanzgarten eine Art Wasserscheide in nord-südlicher Richtung durchzog, sodaß die Aufschlüsse PFL und SHG zum System der im Südosten fließenden Salzach zu rechnen sind.

Diese grobe Einordnung der Aufschlüsse entspricht der Deutung, die LUDEWIG (1972) gibt.

V. K O R N G R Ö S S E N B E S T I M M U N G

1. HERKÖMLICHE METHODE DER KORNGRÖSSENBESTIMMUNG

Um die Korngrößenverteilung in einem Sediment zu ermitteln, werden repräsentative Proben untersucht. Sie können punktuell entnommen werden oder als Schlitzprobe eine größere Sedimentmächtigkeit umfassen. Die Probenmenge richtet sich nach der größten, durchschnittlichen Korngröße und reicht von wenigen 100 g bei der Sandfraktion bis zu mehreren 10 kg bei groben Sedimenten.

Das gesamte Korngrößenspektrum wird in verschiedene Klassen logarithmisch aufgeteilt, indem die Probe mit Sieben unterschiedlicher

Maschenweite in bestimmte Fraktionen getrennt wird (kleiner 2 mm = Sand, Schluff, Ton; 2 - 6,3 mm = Feinkies; 6,3 - 20 mm = Mittelties; 20 - 63 mm = Grobkies (KÜSTER, 1964 und MÜLLER, G., 1964)). Komponenten, die größer als 63 mm (Grobkies) sind, also zur Stein- und Blockfraktion gehören, werden mit dem Maßstab vermessen.

Nach der Siebung werden die einzelnen Fraktionen gewogen; die gewichtsprozentuale Verteilung auf die Kornklassen kann graphisch dargestellt werden - sehr häufig als Summenkurve.

Zusammenfassend beschrieben ist die Methode der mechanischen Korngrößenanalyse von KÜSTER (1964) und MÜLLER, G. (1964).

2. PHOTOGRAMMETRISCHE METHODE DER KORNGRÖSSENBESTIMMUNG

Durch das Sieben stellt der Bearbeiter indirekt - und meist unbewußt - den wahren, einer bestimmten Größenklasse entsprechenden Korndurchmesser fest. Der Korndurchmesser ist eine Strecke. Die Messung im Stereomodell muß also darauf abzielen, die Raumkoordinaten der beiden Endpunkte der Strecke festzustellen. Inwieweit der photogrammetrisch ermittelte Korndurchmesser dem wahren entspricht, ist nur empirisch-statistisch zu klären.

Auf die mathematischen Grundlagen für die photogrammetrische Korngrößenberechnung wurde bereits im Kapitel III, 3.3 eingegangen.

Bei der photogrammetrischen Auswertung sind folgende Überlegungen notwendig:

- Wieviele Einzelkörner sind zu vermessen? Das bedeutet: wie müssen die Meßstellen verteilt sein?
- Bringen in bezug auf die Transportrichtung verschiedene Anschnitte von einander abweichende Ergebnisse?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Sieb- und Bildanalyse?

Daß ein Zusammenhang besteht zwischen Siebanalyse und Korngrößenanalyse aus zweidimensionalen Bildern, zeigen die Arbeiten von FRIEDMAN (1958) und NEUMANN-MAHLKAU (1967). FRIEDMAN bestimmte Korngrößen aus Dünnschliffen, NEUMANN-MAHLKAU aus zweidimensionalen Photographien. Beide Autoren kommen zu dem Ergebnis, daß sich die Quartilwerte bzw. ausgewählte Percentilwerte der Schliff- bzw. Photosummenkurve mittels eines Faktors in die entsprechenden Siebanalysen-

werte umrechnen lassen.

Um die subjektive Auswahl der Meßstellen auszuschalten, legten die Autoren über das Probenfeld ein Raster. 300 - 500 Messungen reichen nach den Erfahrungen von FRIEDMAN (1958) und NEUMANN-MAHLKAU (1967) aus, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten.

Für die photogrammetrische Auswertung wurde das Meßraster dadurch über die Aufschlußwand gelegt, daß in gleichen horizontalen und vertikalen Abständen die Gitterlinien eines Millimeterpapiers auf dem Internzeichentisch des Planimat D 2 nachgefahren wurden (siehe auch Kap. III,3.5).

Bei Nahaufnahmen aus 1 m Entfernung und mit 10 cm Basis kann auf dem Internzeichentisch im Maßstab 1:10 kartiert werden. Legt man auf dem Internzeichentisch eine Maschenweite von 5 mm fest, so entspricht diese Strecke 5 cm in der Natur. Bei guten Aufschlußverhältnissen entsteht ein auswertbares Stereomodell über einer Fläche von 1 m x 1,2 m; das ergibt bei einer Maschenweite von 5 cm 525 zu vermessende Gerölle.

Aus der Aufnahmeentfernung von ca. 1 m und der Brennweite der Meßkammer von ca. 60 mm ergibt sich ein Bildmaßstab von ca. 1:16.

Die Optik des Planimat D 2 vergrößert 8-fach; hinzu tritt der Effekt der Reliefüberhöhung. Dadurch wird es möglich, Strecken von weniger als 2 mm zu messen - die kürzeste, gemessene Strecke beträgt 1,1 mm -, d.h. man kann das Korngrößenspektrum von der Feinkiesfraktion aufwärts messend erfassen.

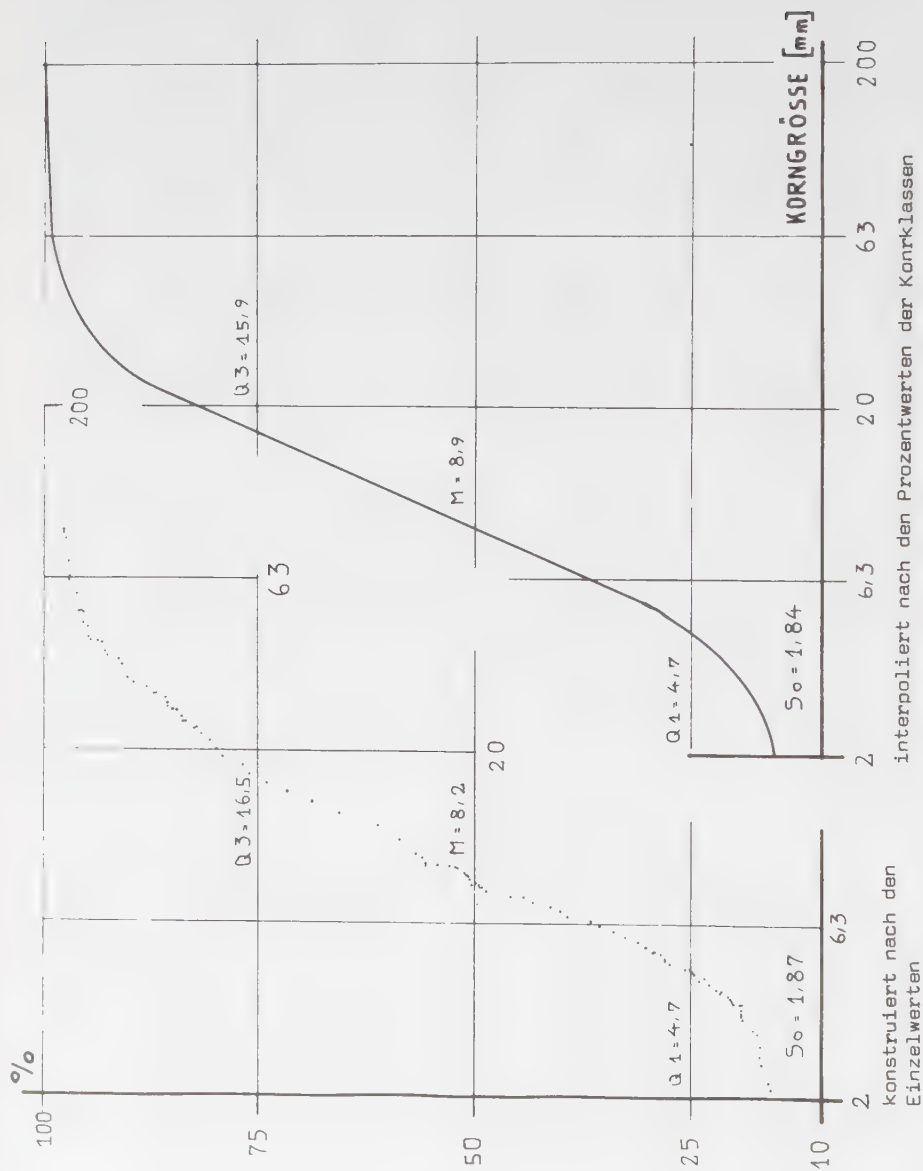
Die Anzahl der Gitterpunkte, an denen nicht meßbare Körner liegen, gibt einen Hinweis auf den Anteil der Sand- und Schluff- bzw. Tonfraktion im Sediment.

3. KORNGRÖSSENBESTIMMUNG AN DEN QUARTÄREN SCHOTTERN AM UNTERLAUF DER ALZ/OBB.

3.1 Fehlerquellen

Bevor man die Ergebnisse der Korngrößenanalyse von Siebungen und Stereobildern vergleicht, sollte man sich darüber klar werden, welche Bedingungen zu Unterschieden führen können, einmal innerhalb des gleichen Analysensystems bei Bearbeitung eines Aufschlusses und

Abb. 16 Photogrammetrisch ermittelte Kornsummenkurve MIT 2 (Mittling zw. Inn u. ALZ/Obb.)
Vergleich zwischen Einzelpunktdarstellung und Interpolation



zum anderen zwischen den beiden verschiedenen Analysensystemen. Den größten Einfluß hat auf jeden Fall die Art des zu untersuchenden Materials. Die untersuchten Schotter zeigen eine so große Vielfalt in lagen- und linsenförmigem Neben- und Übereinander der verschiedenen Korngrößen, daß notwendigerweise eine Probe nicht dasgleiche Ergebnis bringen kann wie eine zweite, nur wenige Meter von der ersten entfernt genommene Probe.

Die Ergebnisse werden verschieden stark streuen, je nachdem ob es sich um eine Punkt-, Schlitz- oder Flächenprobe handelt, ob die Entnahmestellen im gleichen Horizont liegen oder ob sie vertikal gegen einander verschoben sind.

Weitere Unterschiede werden sich ergeben aus der Frische des Anschnittes. In alten, ausgeblasenen bzw. ausgewaschenen Wandteilen werden die groben Korngrößen überbetont sowohl bei der Sieb- als auch bei der Bildanalyse. Auf jeden Fall ist zu erwarten, daß sich größere Unterschiede in den Prozentanteilen der Korngrößen unter 2 mm und damit bei den D_{10} -Werten ergeben, da die Bildanalyse diesen Bereich nur noch grob abschätzend erfaßt.

Zuletzt entstehen, auch wieder bei den kleineren Korngrößen, Unterschiede bei der Auswertung. Je nach dem wie stark gebogen der Bearbeiter die Summenkurve in ihrem unteren Teil zeichnet, werden die Q_1 - und D_{10} -Werte differieren.

Mit der Bestimmung der Einzeldurchmesser im Stereomodell ist die Möglichkeit gegeben, den genauen Verlauf der Summenkurve zu konstruieren. Die Einzeldurchmesser besetzen den gesamten Kurvenverlauf, während bei der Siebanalyse zwischen den Werten der einzelnen Kornklassen interpoliert werden muß. Aus Abbildung 16, in der die Kornsummenkurve der Probe Mittling 2 nach beiden Arten dargestellt ist, erkennt man, daß die Interpolationskurve (durchgezogene Linie), die zuerst gezeichnet wurde, sich mit der "Einzelpunkt-Summenkurve" deckt; d.h. die Krümmungen der Kurve verlaufen statistisch richtig.

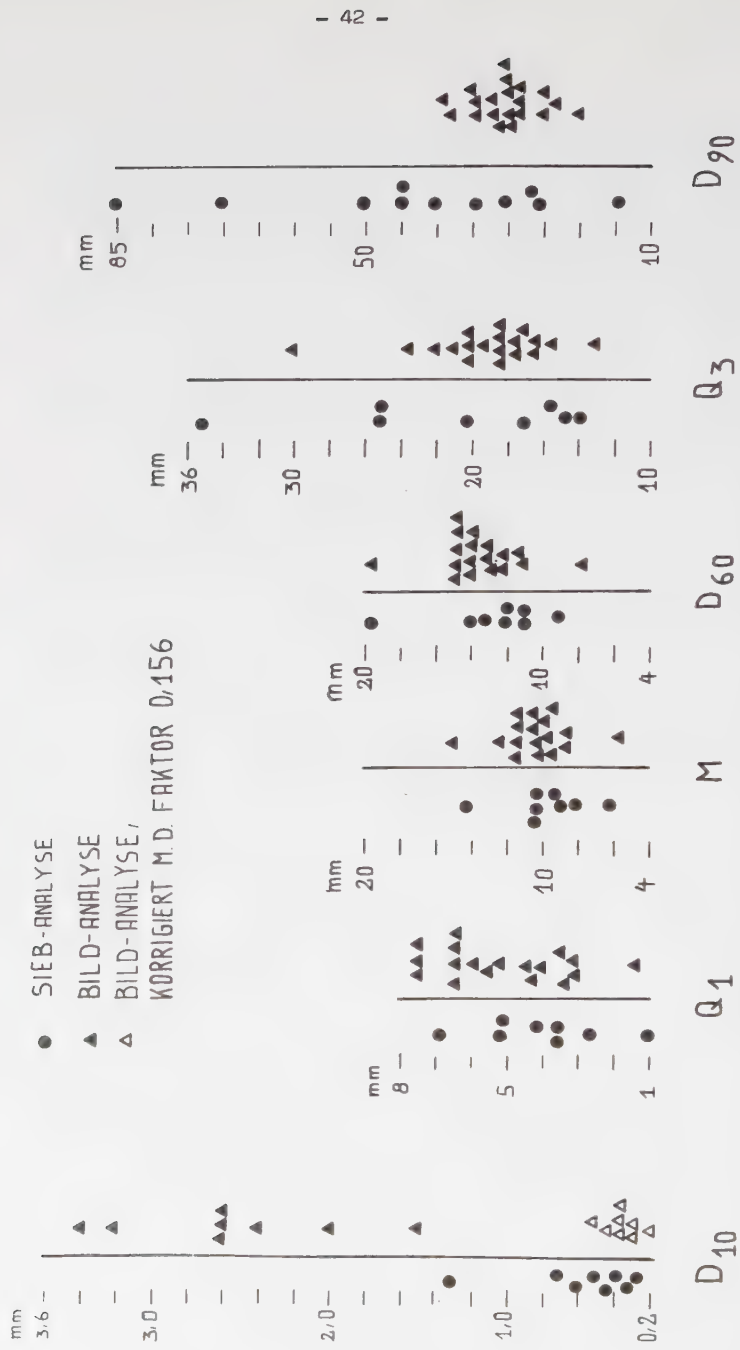


Abb. 17 Vergleich der Kennwerte der Summenkurven von Sieb- und Bildanalyse aus den Kiesgruppen am Unterlauf der Alz/Obb.
 (Werte der Siebanalysen nach M.FAKHRAI(1970) und H.LUDDEWIG(1972))

3.2 Vergleich der Kornsummenkurven von Bild- und Siebanalyse⁺⁾

Beim Vergleich der Kornsummenkurven ist es sinnvoll, sich auf die Kurvenkennwerte zu beschränken, mit denen im allgemeinen bei der numerischen Beschreibung von Korngrößenverteilungen gearbeitet wird: Q_1 , Q_3 , M , D_{10} , D_{60} (MÜLLER, G., 1964). Hinzugefügt wurde der D_{90} -Wert, da er noch Unterschiede in bezug auf die Korngröße erwarten läßt. Vorweg sei gleich erwähnt, daß in keinem Fall bei beiden Analysenarten Komponenten über 100 mm Durchmesser festgestellt wurden.

3.21 Vergleich der Quartile Q_1 , M , Q_3 und der Dezentile D_{60} und D_{90}

Die Gegenüberstellung der Q_1 -, M -, Q_3 -, D_{60} - und D_{90} -Werte aus den einzelnen Aufschlüssen zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen Sieb- und Bildanalyse, wenn man absieht von der Kiesgrube Pflanzgarten, wo die Bildanalyse zu ca. 25 % geringeren Werten gelangt, und von der Grube Mehring, bei der die Bildanalyse um ca. 20 % zu große Werte angibt (Abb. 17, Anl. 1). Diese starken Unterschiede dürften sich daraus ergeben, daß die Probenstellen sehr weit auseinander liegen und daß die fotografierten Wandbereiche stark ausgewaschen waren. Fast hundertprozentige Übereinstimmung ergibt sich in den Gruben Alzgern und Mittling, wo genau der Wandteil fotografiert wurde, aus dem die Schlitzproben entstammten.

3.22 Vergleich der D_{10} - Werte

Die D_{10} -Werte können bei der Bildanalyse nicht immer bestimmt werden, da in Stereoaufnahmen aus 1 m Entfernung, die dieser Arbeit zugrunde liegen, nur Korngrößen über 2 mm erfaßt werden (s. Abschnitt 4 dieses Kapitels).

D_{10} -Werte konnten bestimmt werden in den Aufschlüssen Piesinger Winkel, Pflanzgarten, Mehring, Mittling und Alzgern (Abb. 17, Anl. 1). Während die Werte von Alzgern genau übereinstimmen, muß man die D_{10} -Werte aus den anderen Bildern durchschnittlich mit 0,156 multiplizieren, um sie auf die Siebwerte zu reduzieren. Der Umrechnungsfaktor wurde bestimmt, indem das arithmetische Mittel der Sieb- D_{10} -

⁺⁾ Die Werte der Siebanalysen wurden den Arbeiten von M.FAKHRAI (1972) und H.LUDEWIG (1972) entnommen.

Werte durch das arithmetische Mittel der Bild- D_{10} -Werte dividiert wurde.

3.23 Vergleich der Prozentanteile der Korngrößen unter 2 mm

Gute Übereinstimmung bei der Ermittlung der prozentualen Anteile gleich/kleiner 2 mm ergeben sich bei einzelnen Bildauswertungen der Aufschlüsse Hölzl, Piesinger Winkel, Emmerting, Alzger und Mittling. Es zeigt sich, daß bei diesen Aufnahmen der Sand gleichmäßig über die ganze Wandfläche verteilt ist, d.h. die Anschnitte sind ziemlich frisch gewesen. In Emmerting und Alzger werden die Probenflächen außerdem von mehreren dünnen Sandlinsen durchzogen.

3.24 Zusammenfassendes Ergebnis des Vergleichs

Bei Berücksichtigung der Aufschlußverhältnisse zeigen Bild- und Siebanalyse fast vollkommene Übereinstimmung. Es ist bei Anwendung der photogrammetrischen Korngrößenanalyse darauf zu achten, daß frische Wandflächen aufgenommen werden. Dabei ist zu bedenken, daß die Siebanalyse bei Schlitzproben die kleineren Korngrößen (kleiner als 6,3 mm) und die Bildanalyse gröbere Komponenten (größer als 6,3 mm) überbetonen können.

Nach den vorliegenden Ergebnissen können die D_{10} -Werte der Bildanalyse durch Multiplikation mit dem Faktor 0,156 den Siebwerten recht gut angenähert werden.

4. GRENZEN DER PHOTOGRAMMETRISCHEN KORNGRÖßENANALYSE

Die Auswertung terrestrischer Stereomodelle hinsichtlich der Korngrößenbestimmung hat die Grenzen der photogrammetrischen Korngrößenanalyse deutlich gemacht. Vor allem zwei Faktoren schränken den Spielraum des Bearbeiters ein: die photo-technischen Gegebenheiten und die Aufschlußverhältnisse.

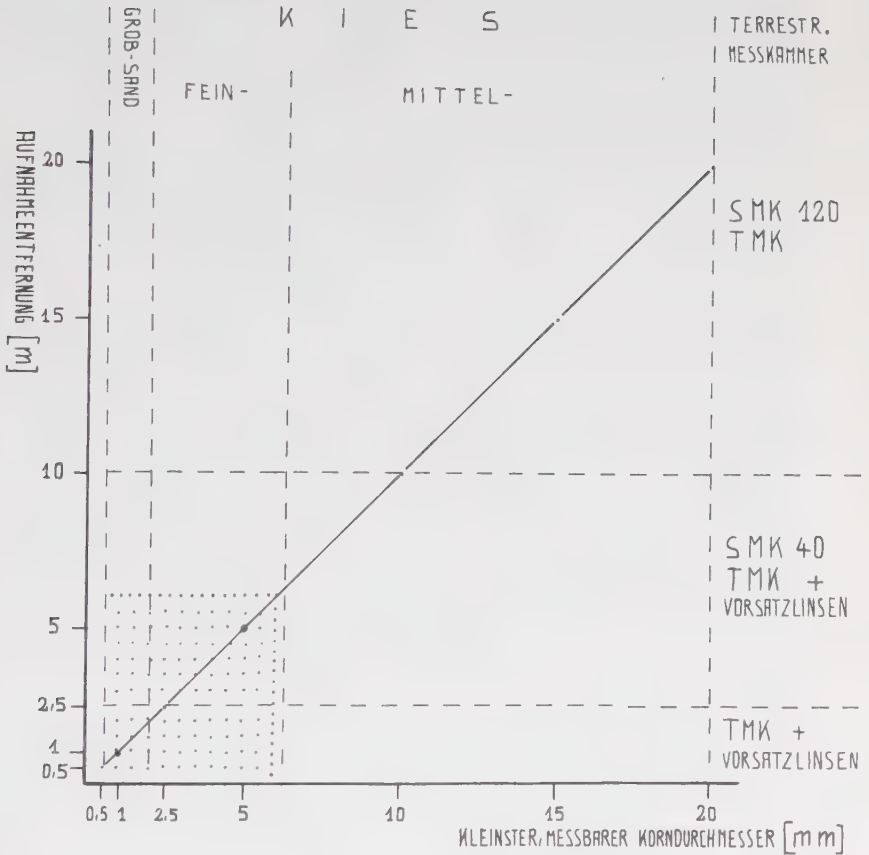


Abb. 18 Abhängigkeit des kleinsten meßbaren Korndurchmessers von der Aufnahmeentfernung
Das punktierte Feld gibt den optimalen Bereich für die Korngrößenanalyse an.

4.1 Phototechnische Bedingungen

Kameratechnisch ist bei den Nahaufnahmen zu beachten, daß die Scharfeinstellung der TMK oder SMK 40 (s.Kap.III,1) bei Entfernungen unter 10 bzw. 2,5 m mit Vorsatzlinsen erreicht wird. Das bedeutet, um ein kontinuierliches Näherrücken der Kamera an den Aufschluß zu ermöglichen, müßte man über eine große Zahl von Vorsatzlinsen verfügen, deren Tiefenschärfenbereiche sich überschneiden.

Eine weitere Grenze zieht das Auflösungsvermögen des Aufnahmematerials. Spätestens wenn die Korngröße die Kleinheit des Filmkorns erreicht hat, ist eine Größenanalyse nicht mehr möglich. Dies gilt gleichfalls bei der Vergrößerung von Aufnahmen, mit denen feinere Sedimentfraktionen meßbar gemacht werden sollen. Abgesehen davon, daß derartige Vergrößerungen überaus genau ausgeführt werden müssen, damit die Brennweitenänderung exakt berechnet werden kann.

Der praktisch wesentlichste Faktor für die Meßbarkeit von Korndurchmessern ist die Aufnahmeentfernung. Abbildung 18 zeigt eine Gerade, deren Verlauf durch die kleinsten meßbaren Korndurchmesser auf der Abzisse und durch die Aufnahmeentfernung auf der Ordinate bestimmt wird. Nach den Erfahrungen bei der photogrammetrischen Korngrößenanalyse gilt die Faustregel: die Aufnahmeentfernung in "m" entspricht der kleinsten meßbaren Korngröße in "mm".

Aus den in Abbildung 18 eingezeichneten Kornklassengrenzen läßt sich zweierlei ablesen:

1. Die vernünftigsten Aufnahmeentfernungen liegen bei 0,5 m, 2 m, 5-6 m und unter Umständen bei 15 - 20 m. Das bedeutet z.B. für die TMK, daß eigentlich nur drei Vorsatzlinsen notwendig sind (für 0,5 m, 2 und 5 m).

Warum die genannten Entfernungsgrenzen vernünftig sind, soll folgendes Beispiel zeigen: Ist der Aufschluß aus 12 m aufgenommen worden, können alle Durchmesser ab 12 mm gemessen werden. Das ist aber unnütz, da der Teil zwischen 12 und 20 mm in eine Klasse sortiert wird mit den nicht meßbaren Körnern. Der Zeitaufwand für die Messung dieser Körner ist also unrentabel. Dasgleiche Ergebnis erreicht man bei einer Aufnahme aus 18 m Entfernung. Neben dem Vorteil, einen größeren Aufschluß in einem Stereomodell auswerten zu können, wird die Auswertezeit nur auf die Korngrößen(ab 20 mm) verwandt, deren

kleinste Kornklasse mit ihrer Untergrenze kurz oberhalb des kleinsten meßbaren Durchmessers liegt.

2. Für Korngrößenanalysen in Schottern, die ein Maximum in der Mittelkiesfraktion haben (6,3 - 20 mm), wie es bei den in dieser Arbeit untersuchten Sedimenten der Fall ist, kommen nur Aufnahmen aus 0,6 - 6 m in Frage (punktiertes Feld in Abb. 18).

4.2 Geologische Bedingungen mit einem Beispiel für die Korngrößenbestimmung in Konglomeraten

(Molasseaufschluß bei Traunstein/Obb.)

Bei allen theoretischen Überlegungen über die vernünftigste Aufnahmeentfernung darf nicht vergessen werden, daß dem Streben nach optimaler technischer Ausnutzung durch die Aufschlußverhältnisse oftmals Grenzen gesetzt sind.

Bedeutend für die Gültigkeit der photogrammetrischen Korngrößenanalyse (s.Kap. V, 3.2) ist der Relie fzustand der Aufschlußwand. In unverfestigten Schottern sind die Gerölle am besten herauspräpariert; statistisch gesehen werden die längsten Kornachsen gemessen (Kap. V,3.2). Das andere Extrem sind frische und glatte Konglomeratanschnitte, bei denen der Stereoeffekt für die Korngrößenmessung unwichtig wird und sich der Aussagewert der Analyse dem von einfachen Photographien nähert.

Angewitterte Konglomerate können jedoch ebensogut für Korngrößenanalysen geeignet sein wie Lockersedimente. Dies ist der Fall im Straßen-aufschluß südlich Traunstein/Obb. (Abb. 1, Kap. II,2) im "Blaue-Wand-Konglomerat" der subalpinen Molasse(Miozän, Aquitan)(Abb. 3).

Abbildung 19 zeigt die Summenkurve zu der Korngrößenanalyse dieses Konglomerats. Der Sand-Schluff-Gehalt (kleiner 2 mm) beträgt 32 %, der Medianwert liegt bei 4 mm und das größte Geröll hat einen Durchmesser von 93,7 mm. Aufgrund der sehr gut herauspräparierten Gerölle kann für die Ergebnisse die gleiche Gültigkeit in Anspruch genommen werden wie für die Korngrößenanalysen aus den quartären Schottern am Unterlauf der Alz/Obb. (Kap. V, 3.2).

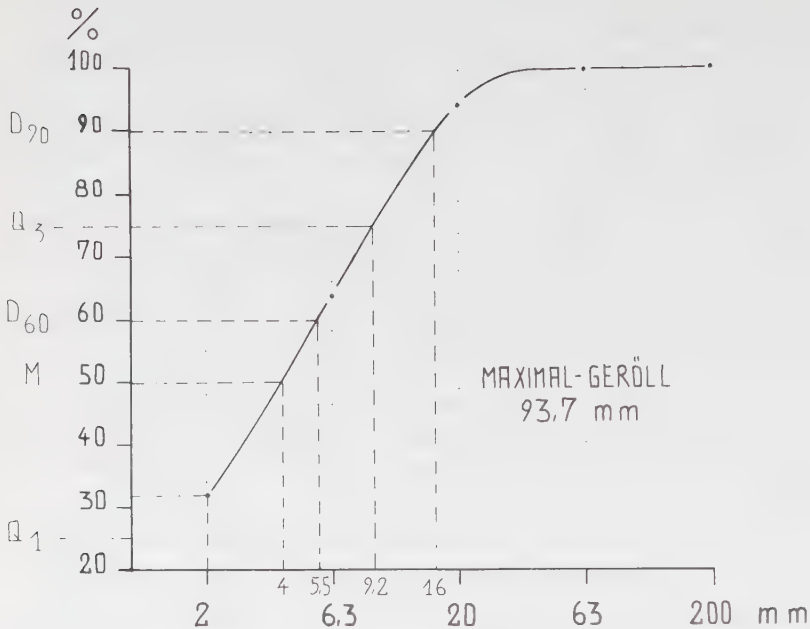


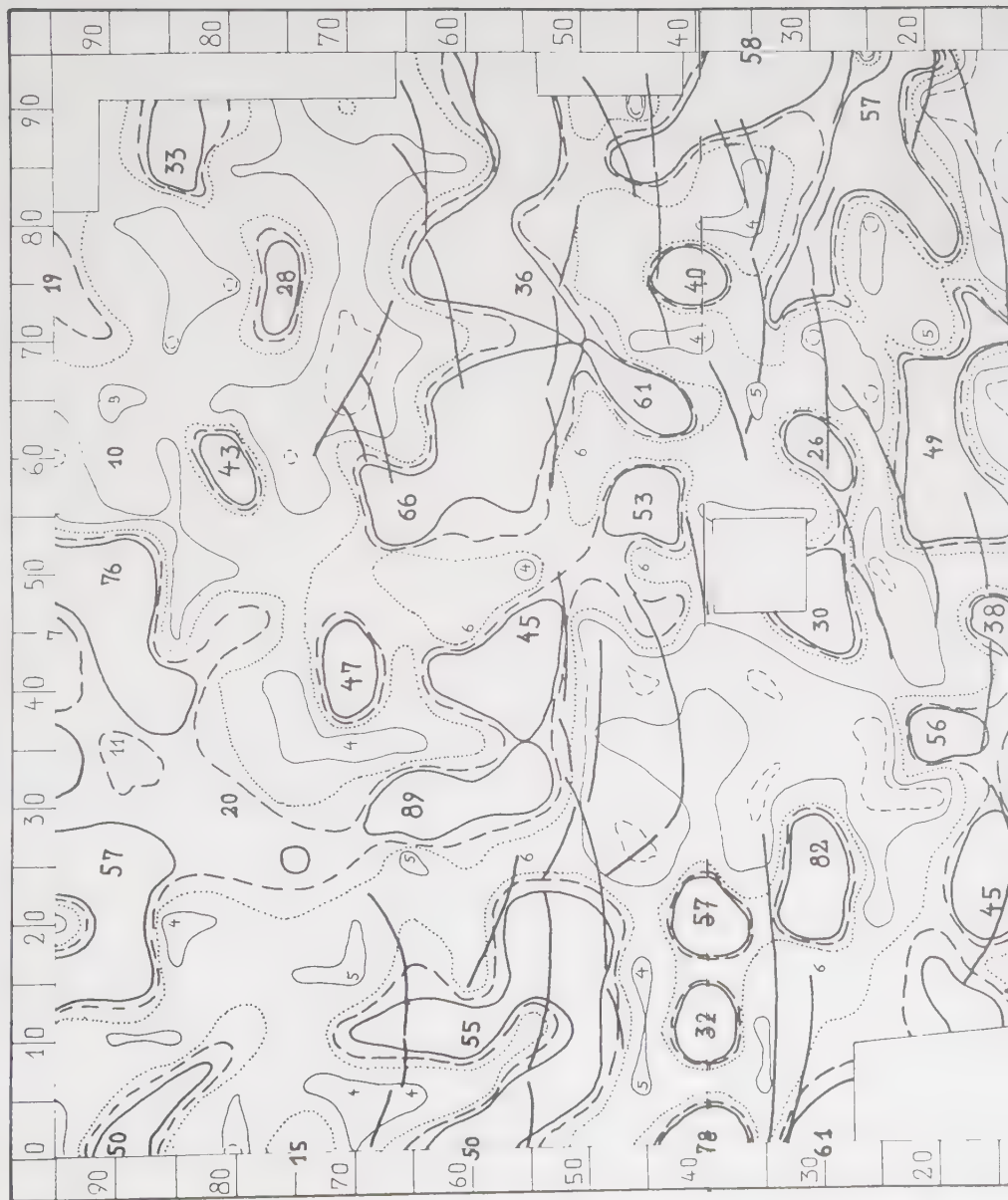
Abb. 19 Molassekonglomerat "Blaue Wand" bei Traunstein/Obb.
Kornsummenkurve nach photogrammetrischen Messungen

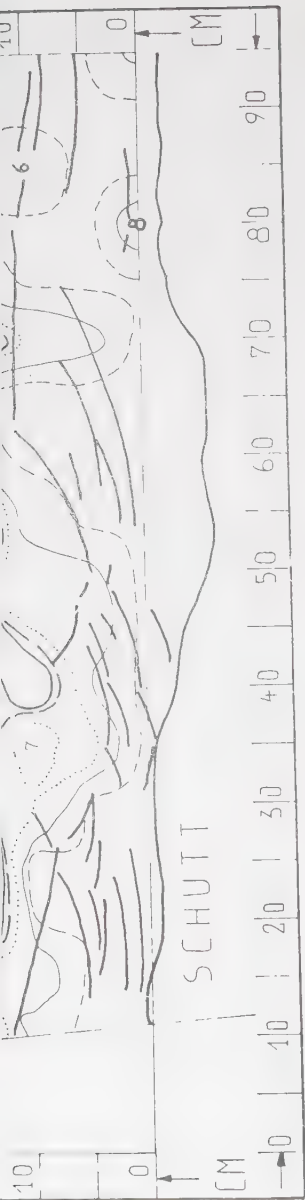
5. KORNGRÖSSENVERTEILUNGSKARTE

Das für die Korngrößenanalyse nötige Meßraster (Kap.III,3.5 u. V,2) erlaubt es, die Meßpunkte mit den jeweiligen Korndurchmessern in ihrer flächigen Anordnung darzustellen. Punkte gleicher Korngröße oder gleicher Korngrößenklasse können mit einer Linie verbunden werden. Daraus ergeben sich Flächen gleicher vorherrschender Korngröße. Die Korngrößenverteilungskarte bildet die flächige bzw. räumliche Ergänzung zu der vom Raum abstrahierten Summenkurve.

Mittels der Korngrößenverteilungskarte wird das Größengefüge einer Probe quantitativ auswertbar dargestellt. Für den Sedimentologen kann es aufschlußreich sein zu wissen, ob sich Korngrößenklassen in bestimmten Zonen anordnen und wie die Zonen gelagert sind. Diese Kenntnis

Abb. 20 Korngrößenverteilungskarte der Probe Schützing





LINIEN GLEICHER KORNGRÖSSE: 2 MM — 6 MM — 10 MM, — — 15 MM — 20 MM

SCHRAGSCHICHTUNG AN SCHNITTE

BM-XBM

89

6



Photographie zur Korngrößenverteilungskarte

Kamera: TMK + Vorsatzlinse

Aufnahmeentfernung: 1 m

Basis: $0, 1 \text{ m} / 210^0$

läßt Schlüsse zu hinsichtlich der Durchlässigkeit und inbezug auf paläogeographische Faktoren. (z.B. Zu- und Abnahme der Transportkraft).

Als Beispiel sei hier die Korngrößenverteilungskarte der Probe Schützing angeführt (Abb. 20). Die Karte zeigt, daß sich die Feinanteile (kleiner als 2 mm) vor allem in den unteren 10 - 15 cm befinden: eine Sandlinse mit einer Delle in der Mitte, in der sich in unregelmäßiger Verteilung grobe Körner (um 20 mm) angesammelt haben. In der Sandlinse schwimmen einige Mitteltkieskörner.

In den folgenden 35 cm überwiegen Korngrößen zwischen 2 und 20 mm. Korngrößen unter 2 mm und über 20 mm haben etwa gleiche Anteile. Die Verteilung der Korngrößen zeigt deutliche Anordnung parallel zu den aus dem Stereomodell kartierten Anschnittlinien von Schrägschichtungsblättern, wobei sich Gradierung andeutet.

Es folgt eine 10 cm mächtige Lage mit Geröllen zwischen 20 und 63 mm. Diese nach unten scharf begrenzte Schicht bildet die grbkörnige Basis für den obersten Abschnitt (ca. 35 cm mächtig). Hier überwiegen Körner mit einem Durchmesser von 6 - 20 mm, die sich über größere zusammenhängende Flächen verteilen. Größere und feinere Körner schwimmen in dieser Matrix.

Aus der Einteilung in drei Abschnitte lassen sich Schlüsse auf die lokalen Strömungsverhältnisse ziehen:

1. Abschnitt: sehr schwache Strömung, Sandablagerung
2. Abschnitt: Anstieg der Transportkraft (grobe Komponenten) mit erosiver Wirkung (Delle in der Sandlinse). Die Strömung scheint ruhig gewesen zu sein. Es kam zum Aufbau ca. 35 cm mächtiger Schüttungskörper, die in sich gradiert geschichtet sind.
3. Abschnitt: Die Strömungskraft steigt sprunghaft an. Grobe Gerölle werden abgelagert. Die Sedimentation des überlagernden Materials scheint ziemlich schnell erfolgt zu sein bei unruhigen Strömungsverhältnissen, da weder Schrägschichtung noch Korngrößensortierung besonders hervortreten.

Weitere paläogeographische Folgerungen ergeben sich aus Kapitel VIII.

SHU 1

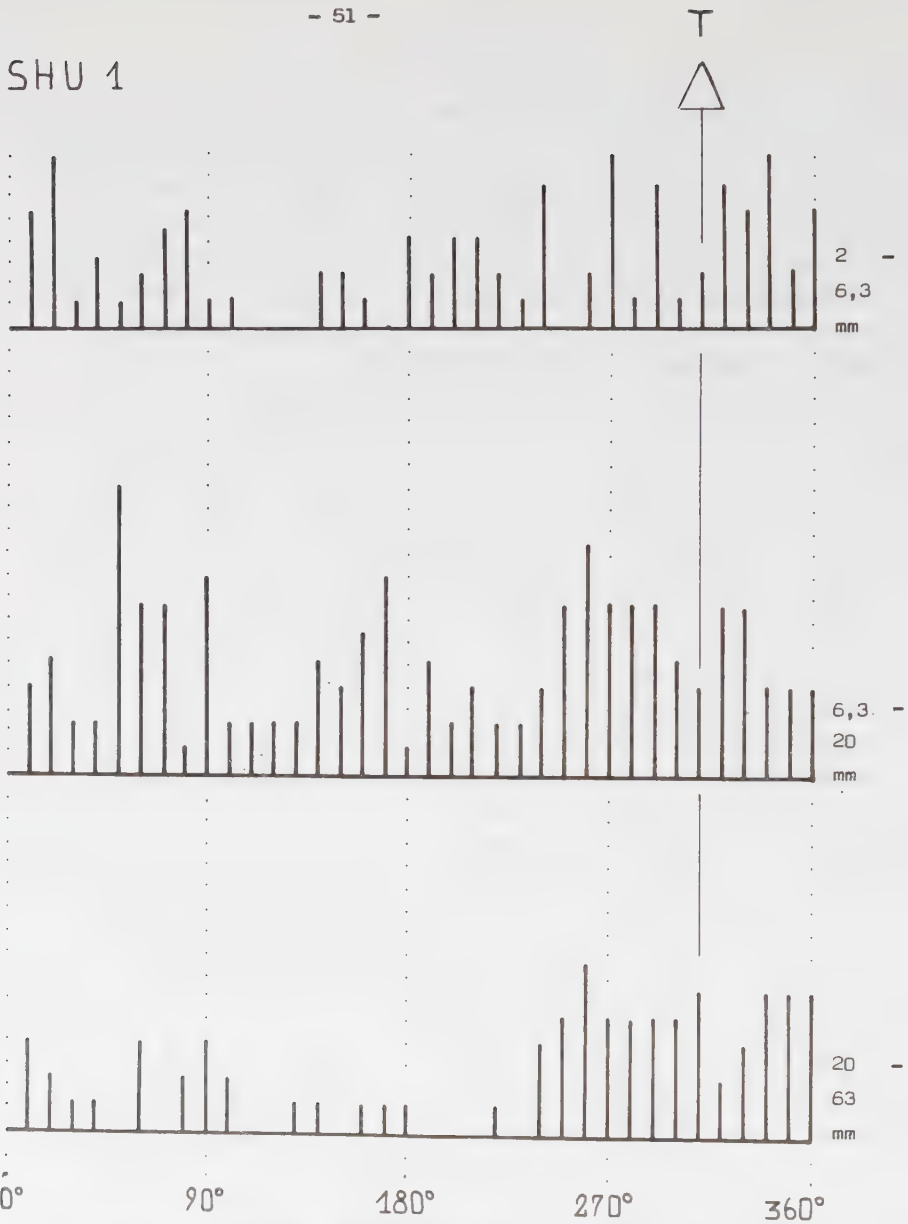


Abb. 21 Lineares Diagramm zur Richtungsverteilung der Geröll-Längsachsen in verschiedenen Kornklassen; dargestellt sind Streich- und Einfallrichtung - Kiesgrube Schützing an der Alz

0 5 10 Gerölle

VI. ANALYSE DER GERÖLLORIENTIERUNG IN QUARTÄREN SCHOTTERN UND IN EINEM MOLASSEKONGLOMERAT

Das Ergebnis der Korngrößenanalyse zeigt, daß bei den Messungen im Großen gesehen tatsächlich die längsten Achsen der Gerölle erfaßt werden (Kap. V,3). Das berechtigt dazu, auch die Orientierung der gemessenen Längsachsen zu analysieren. Damit sollen Zusammenhänge aufgezeigt werden zwischen Gerölleinregelung, Transportrichtung und Anlagerungsflächen. Ferner soll geklärt werden, ob Unterschiede in der Einregelung von Geröllen verschiedener Größe bestehen.

1. LINEARE DIAGRAMME

Um die Beziehungen zwischen Transportrichtung und Geröllorientierung zu erkennen, gibt es verschiedene Möglichkeiten der Auswertung. Da gleichzeitig untersucht werden soll, ob verschieden große Gerölle in bestimmten Winkeln zur Transportrichtung bevorzugt eingeregelt sind, wurde die lineare Diagramm-Darstellung gewählt. Die Richtungsverteilungen der verschiedenen Kornklassen können auf diese Weise einfach verglichen werden.

Auf einer horizontalen Linie werden in Zehnerabständen die 360° der Richtungsrose abgetragen; senkrecht dazu werden die prozentualen Anteile von Geröllachsen pro Zehngradsektor eingezeichnet. Der volle Kreisumfang von 360° wurde gewählt, damit auch die Einfallsrichtung der Längsachsen berücksichtigt werden konnte.

1.1 Richtungsverteilung innerhalb einzelner Korngrößenklassen

Bei Betrachtung des Diagramms des Aufschlusses Schützing (Abb. 21, Anl. 2), in dem die Richtungen der Längsachsen innerhalb der Kornklassen von 2 - 6,3 mm, 6,3 - 20 mm und 20 - 63 mm getrennt eingetragen sind, fallen zunächst drei Dinge auf. In allen drei Kornklassen erscheinen zwei Maxima spitzwinklig zur Transportrichtung T

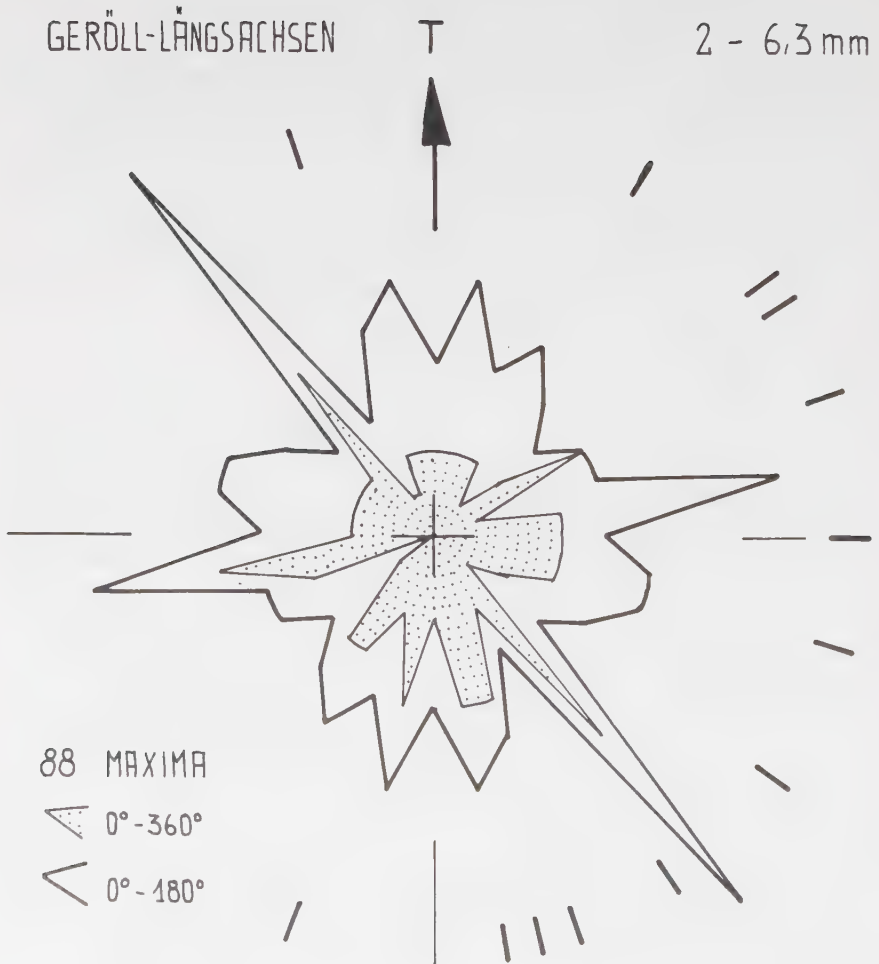


Abb. 22 a Richtungsrose der Maxima aus den linearen Diagrammen der Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb., rotiert auf ein T
Inneres Diagramm: Streichen und Fall - Richtung
Äußeres Diagramm: Streichen
Peripher: Basisrichtungen

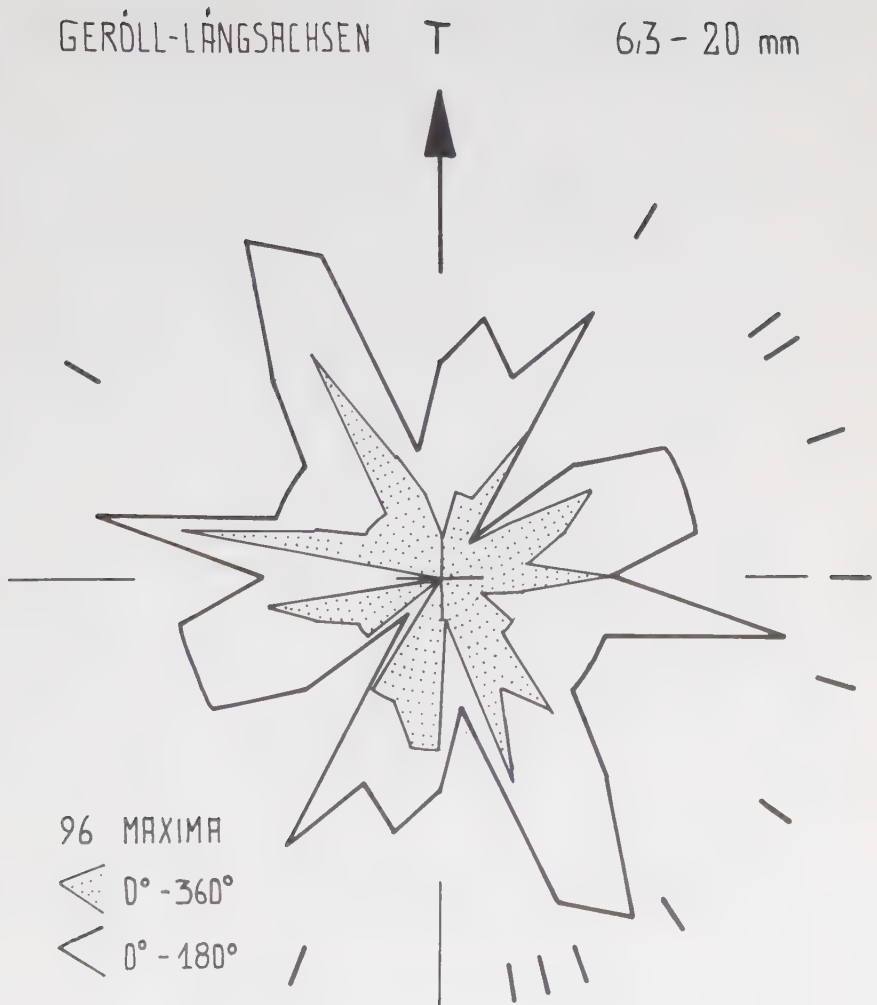


Abb. 22 b Richtungsrose der Maxima aus den linearen Diagrammen der Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb., rotiert auf ein T. Zeichenerklärung s. Abb. 22 a

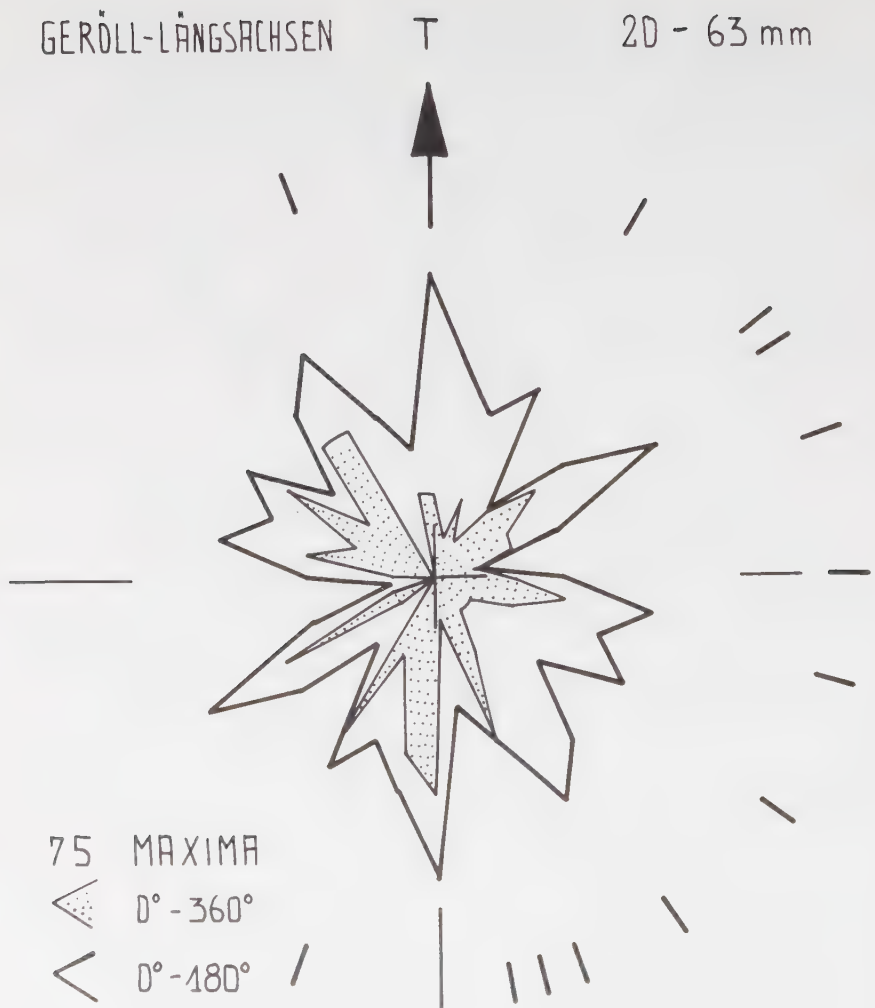


Abb. 22 c Richtungsverteilung der Maxima aus den linearen Diagrammen der Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb., rotiert auf ein T.

Zeichenerklärung s. Abb. 22 a

(30° - 40° beiderseits T) und ein Minimum gegen T eintauchender Achsen, zwei wiederum symmetrisch zu T angeordnete Maxima bei 150° . Ferner treten in allen drei Fällen Maxima senkrecht zu T auf. Der wesentlichste Unterschied zeigt sich bei den Achsen parallel zum Transport. Hier bilden die Achsen der Grobkiesfraktion ein zusätzliches Maximum.

Wie sich die Maxima bezogen auf die Schüttungsrichtung T in allen untersuchten Proben aus dem östlichen Oberbayern (Anl. 2) verteilen, zeigen die Abbildungen 22 a - c.

Während die Maxima zwischen 2 und 6,3 mm (Abb. 22 a) mit leichter Betonung der Diagonalen breit um ein rechtwinkliges Kreuz streuen, dessen eine Richtung die Strömungsrichtung bildet, treten in der Klasse von 6,3 - 20 mm (Abb. 22 b) besonders die spitzwinklig-parallelen und ungefähr senkrechten Richtungen hervor. Dabei fällt das Minimum parallel zur Transportrichtung T auf; die gegen T eintauchenden Achsen sind häufiger. Diese Tendenz verstärkt sich erheblich im Bereich zwischen 20 - 63 mm (Abb. 22 c).

In den drei Abbildungen 22 a - c sind die Achsenrichtungen auf zwei verschiedene Arten eingetragen: einmal bezogen auf 180° (äußere Umrandung) und zum zweiten bezogen auf 360° unter Berücksichtigung der Einfallsrichtung (innerer, punktierter Bereich). Es zeigt sich, daß die Aussage bezüglich der Transportrichtung bei der ersten Darstellungsart zweideutig bleibt; es könnte höchstens die Strömungsachse festgelegt werden, nicht die Richtung. Bei Beachtung der Einfallsrichtung der Längsachsen (2. Darstellungsmethode) wird die Aussage über die Transportrichtung eindeutiger.

1.2 Richtungsverteilung innerhalb des gesamten Geröllspektrums einer Probe

In Abbildung 23 sind sämtliche Richtungen der Längsachsen der Probe Schützing (Anl. 2) verarbeitet. Das Diagramm zeigt in verstärktem Maße die Tendenzen, die aus den Verteilungen innerhalb einzelner Kornklassen hervorgehen: breite Streuung der meisten Achsen um die Transportrichtung T. Dabei treten die diagonalen und spitzwinkligeren Richtungen deutlich hervor. Maxima treten wieder auf bei 90° und

SHU 1

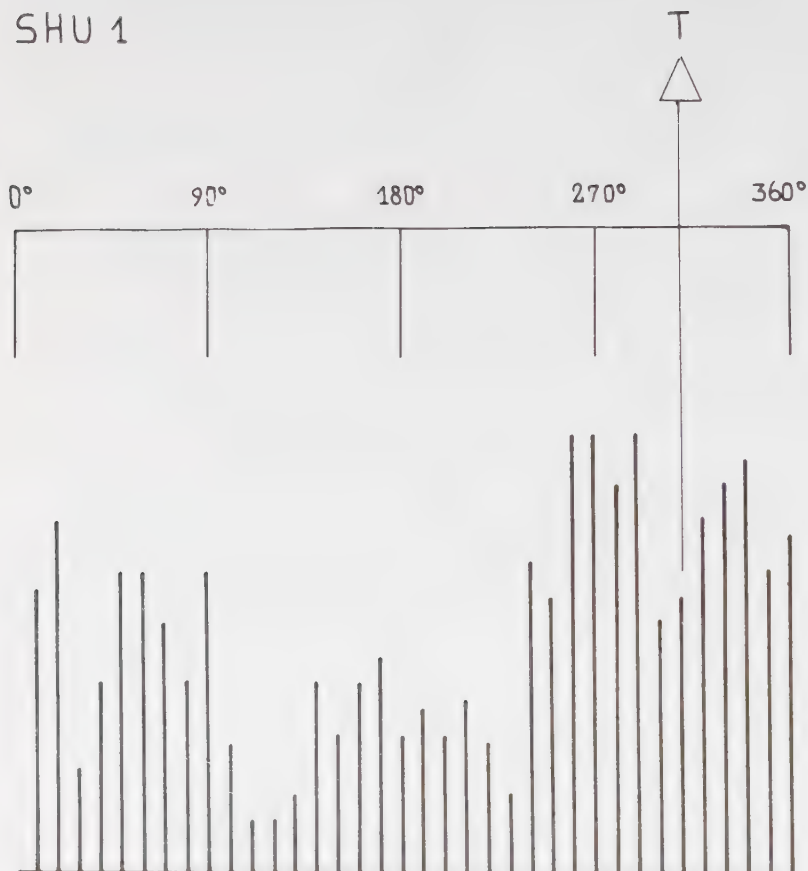


Abb. 23 Lineares Diagramm der Richtungsverteilung aller Geröll-Längsachsen; dargestellt sind Streich- und Fallrichtung. Kiesgrube Schützing a.d.Alz/Obb.



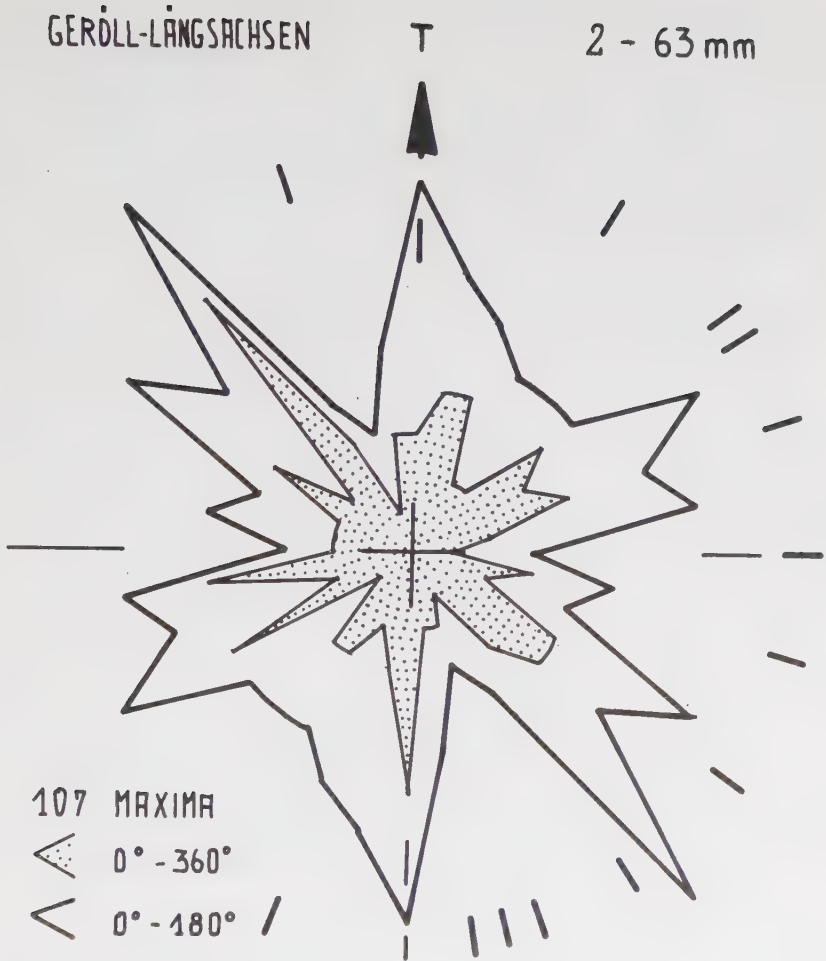


Abb. 24 Richtungsrose der Maxima aus den linearen Diagrammen wie in Abb. 23, rotiert auf ein T.

Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb.

Inneres Diagramm: Streichen und Fallrichtung

Äußeres Diagramm: Streichen

Peripher: Basisrichtungen

zwischen 150° und 160° . Die Achsen, die gegen die Strömung einge-
kippt sind, bilden ein Minimum.

Die letztere Erscheinung kann jedoch durch lokale Gegebenheiten be-
einflußt sein; denn das Maximum-Diagramm (Abb. 24) zeigt auch ein
scharfes Hervortreten der gegen die Strömung geneigten Achsen. Im
Ganzen erscheint dieses Diagramm (Abb. 24) nicht so klar, wenn man
daraus die Strömungsrichtung ablesen möchte. Es zeigt sich nur, daß
die Richtung genau senkrecht zum Transport unterbesetzt ist.

1.3 Folgerungen aus den linearen Diagrammen

Die Folgerungen, die aus den linearen Diagrammen gezogen werden
können, beziehen sich auf die Orientierung der Längsachsen zur
Transportrichtung. Bei Trennung der Korngrößenklassen kann die
Strömungsrichtung konstruiert werden als die Halbierende des Winkels,
der durch die Streuung der meisten Längsachsen gebildet wird.
Das Gesamtdiagramm (Abb. 24) läßt nur feststellen, daß Gerölle sym-
metrisch zu T in drei Hauptrichtungen angeordnet sind: diagonal bis
parallel mit T einfallend, ungefähr senkrecht T und spitzwinklig
bis parallel gegen T eintauchend.

Aus den bisher beschriebenen Darstellungsmethoden geht nicht her-
vor, wie die Orientierung der Längsachsen zustande kommt, obwohl
die Beziehungen zur Transportrichtung deutlich sind. In den beiden
folgenden Abschnitten wird daher versucht zu klären, ob und welche
Faktoren in schräggeschichteten Sedimenten noch eine Rolle spielen.

2. DARSTELLUNG DER GERÖLL-LÄNGSACHSEN IM SCHMIDT'SCHEN NETZ

Bei bisherigen Arbeiten wurden die Richtungen von Geröllachsen ent-
weder in Rosendiagrammen dargestellt, wobei allenfalls die Einfalls-
richtung beachtet wurde (DOEGLAS, 1962; KRUMBEIN, 1939; POTTER &
PETTIJOHN, 1963; RICHTER, 1939; RUCHIN, 1958; WADBELL, 1936), oder
in Polarprojektionen der Lagenkugel, wobei natürlich auch der Ein-
fallswinkel eingetragen wurde. Diese Diagramme dienten jedoch vor-
wiegend zur Bestimmung der Orientierung der drei Geröllachsen

(längste, mittlere und kürzeste) zu einander. Im übrigen wurden aber die Diagramme ähnlich wie Richtungsrosen behandelt (KALTENHERBERG, 1957; SUTTER, 1962).

Die herkömmlichen Darstellungsmethoden, von denen zwei im vorhergehenden Abschnitt beschrieben wurden, führen zwangsläufig dazu, die Orientierung der Geröllachsen gleichzusetzen mit den Maxima der Achsenrichtungen. SUTTER (1962) stellte 2 - 6, durchschnittlich 4 Maxima pro Diagramm fest mit einer Belegungsdichte von selten mehr als 8 % und meist weniger als 6 %.

Setzt man bei Annahme von punktförmigen Maxima diese Zahlen in Beziehung zu einander, so ergibt sich für den prozentualen Anteil der überhaupt berücksichtigten Gerölle folgendes:

- minimal wurden 10 - 12 % beachtet (2 Maxima à 5 - 6 %)
- maximal wurden 50 - 60 % beachtet (6 Maxima à 8 - 10 %)
- durchschnittlich wurden 32 % beachtet (4 Maxima à 8 %).

Mit anderen Worten: bei der herkömmlichen Betrachtungsweise blieben ca. 40 - 70 % der Gerölle unbeachtet. Selbst wenn man annimmt, daß ein gewisser Teil dieser Gerölle zufalls-orientiert ist - also vernachlässigt werden kann -, selbst wenn man annimmt, daß 70 % zu hoch gegriffen sind, zeigt das Rechenbeispiel doch, daß ein erheblicher Prozentsatz von Geröllachsen unberücksichtigt bleibt.

Das ist gleichzusetzen mit der Feststellung: fast die Hälfte aller Gerölle unterliegt keinem Einregelungsmechanismus. Diese Folgerung wurde nicht erkannt. Daher konnte auch nicht nach Gesetzmäßigkeiten gesucht werden, nach denen die "regellosen" Geröllachsen von den Maxima abweichen, oder welche Bedeutung die Orientierung der Geröllachsen (Maxima und Streubereiche) innerhalb des Problemkreises Geröllorientierung - Schüttungsrichtung - Schichtgefüge haben. Ebenso wurde unbewußt räumliche Geröllorientierung gleichgesetzt mit linearer Geröllregelung, ein Verfahren, daß zumindest in schräggeschichteten Schottern nicht zum Erfolg führen konnte (s. Kap. VI, 2 u. 3; Kap. VIII).

Für eine weitergehende Analyse der Geröllachsen-Orientierung ist die Äquatorständige Projektion der unteren Lagenhalbkugel, das Schmidt'sche Netz, ein einfaches und geeignetes Hilfsmittel.

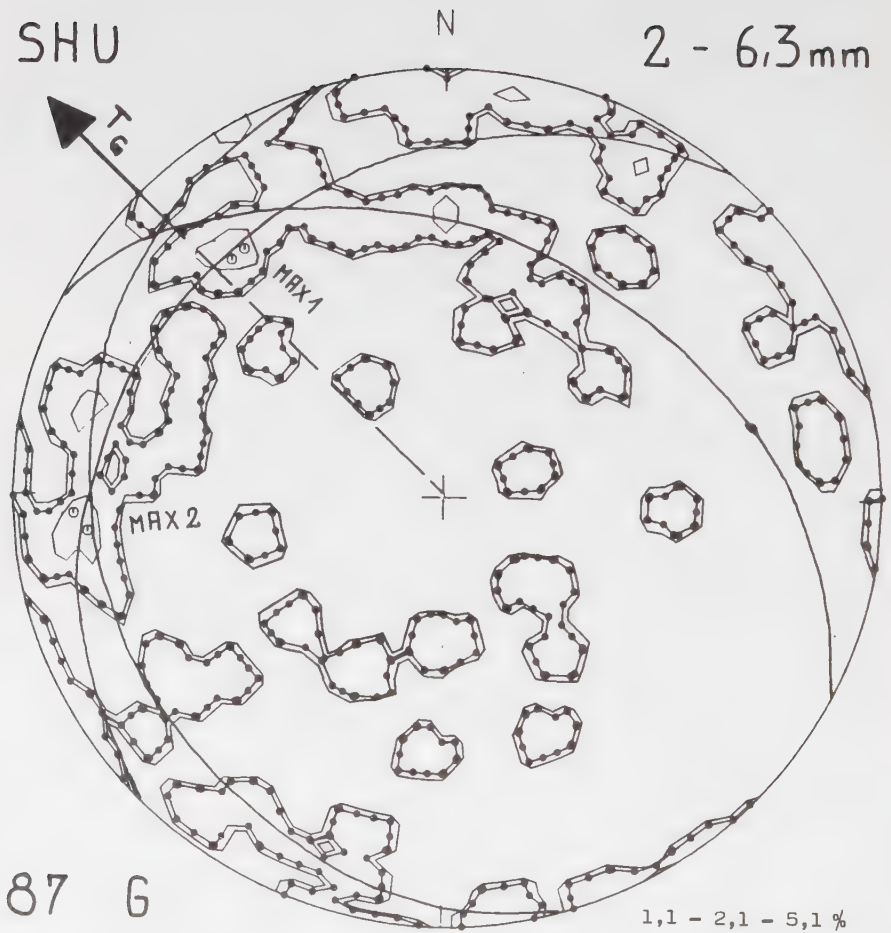


Abb. 25 a Beta-Polverteilung der Geröll-Längsachsen im Schmidt'schen Netz (unters Lagenhalbkugel)

T_G = Transportrichtung, konstruiert aus den Großkreisen

Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.

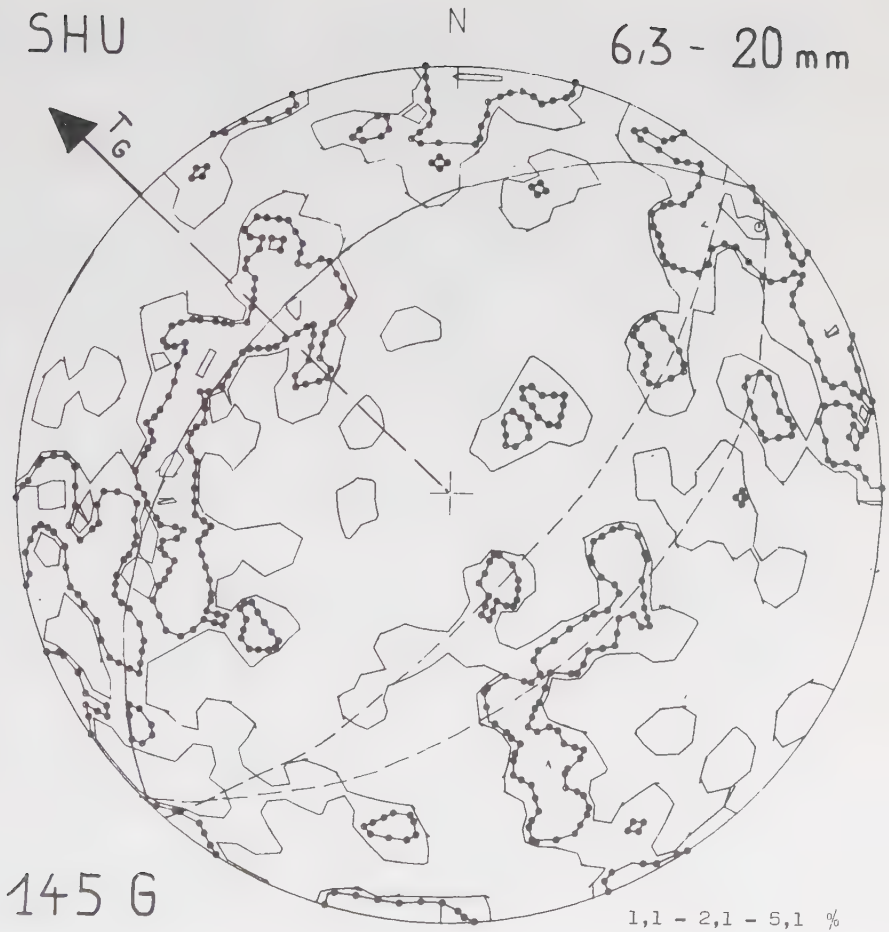


Abb. 25 b Beta-Polverteilung der Geröll-Längsachsen im Schmidt'schen Netz (untere Lagenhalbkugel)

T_G = Transportrichtung nach Abb. 25 a

Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.

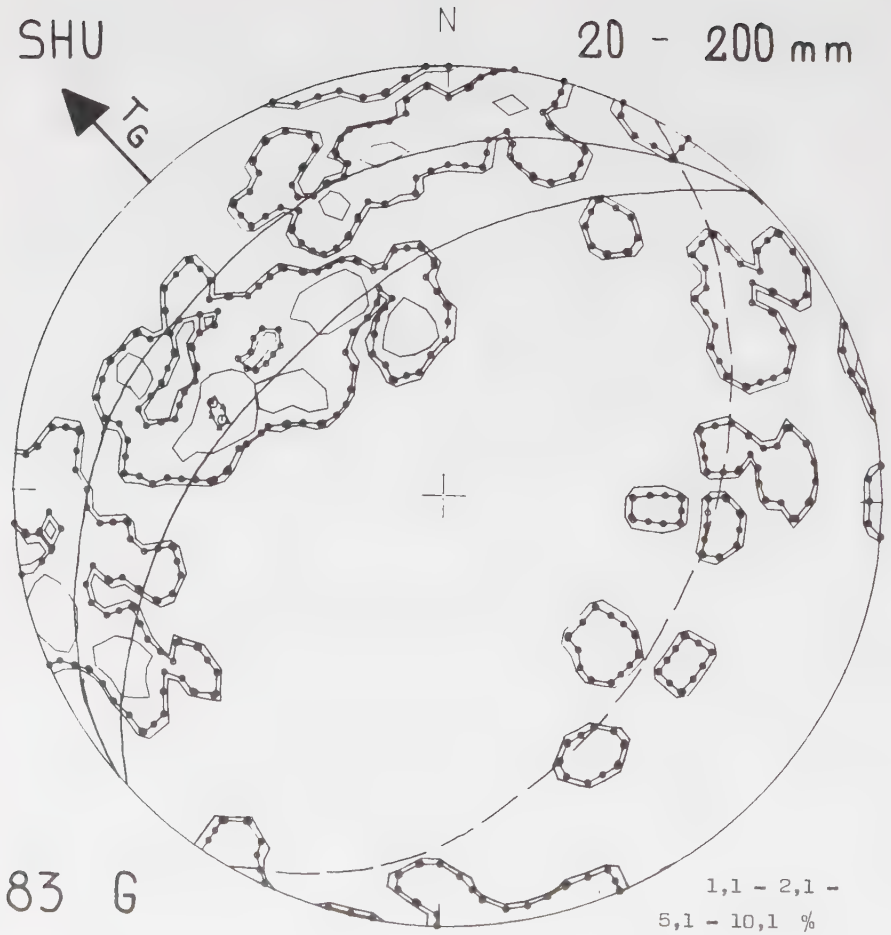


Abb. 25 c Beta-Polverteilung der Geröll-Längsachsen im Schmidt'schen Netz (untere Lagenhalbkugel)

T_G = Transportrichtung nach Abb. 25 a

Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.

2.1 Diagramme einzelner Korngrößenklassen

Da sich alle Diagramme prinzipiell ähneln, beschränke ich mich auf die Beschreibung und Deutung der Diagramme der Kiesgrube Schützing (Anl. 3). Während es bei den linearen Diagrammen nur möglich war, die Lage der Maxima für die Deutung heranzuziehen, ist in den folgenden Diagrammen die Streuung aller Werte von Wichtigkeit.

Wie schon bei den linearen Diagrammen zeigen die Diagramme aus Fein-, Mittel- und Grobkies ungefähr gleiche Bilder. Es variieren nur die Streuungen und damit die Größe der Maxima, was zum Teil von der unterschiedlichen Zahl der Werte herrührt (Abb. 25 a - c).

Diagramm der Kornklasse 2-6,3 mm (Abb. 25 a)

Die meisten Achsen liegen in drei Flächen: 162/20 W, 118/40 N und 44/25 NW. Die Schnittkante der ersten beiden Flächen hat die Richtung 135/10 NW. Die Fallrichtung der dritten Fläche, in der die beiden Hauptmaxima Max. 1 und Max. 2 liegen, beträgt 135/25 NW.

Sowohl die Fallrichtung der dritten Fläche als auch die Schnittkante der ersten beiden Flächen streichen parallel zur Transportrichtung T und fallen mit ihr ein. Max. 1 liegt parallel zu T, Max. 2 schiefwinklig dazu. Daneben treten wenige Achsenrichtungen auf, die zumindest bei einigen Geröllen Dachziegellagerung, d.h. Einkippung gegen die Strömungsrichtung, vermuten lassen.

Diagramm der Kornklasse 6,3-20 mm (Abb. 25 b)

Die Verteilung der Achsenrichtungen gleicht der in Abbildung 25 a. Die Fläche 42/40 NW fällt parallel zur Transportrichtung. Der hervorstechendste Unterschied zum vorigen Diagramm (Abb. 25 a) besteht darin, daß sich die gegen die Strömung eingekippten Achsen auf einer Fläche 44/50 SE anordnen, die genau gegen die Strömungsrichtung einfällt. Die meisten Achsen sind wieder parallel bis schräg-parallel zu T eingeregelt.

Diagramm der Kornklasse 20 -63 mm (Abb. 25 c)

Weitaus der größte Teil der Kornachsen streut in den Flächen 44/26 NW und 44/50 NW. Beide Fallrichtungen liegen parallel zur Transportrichtung.

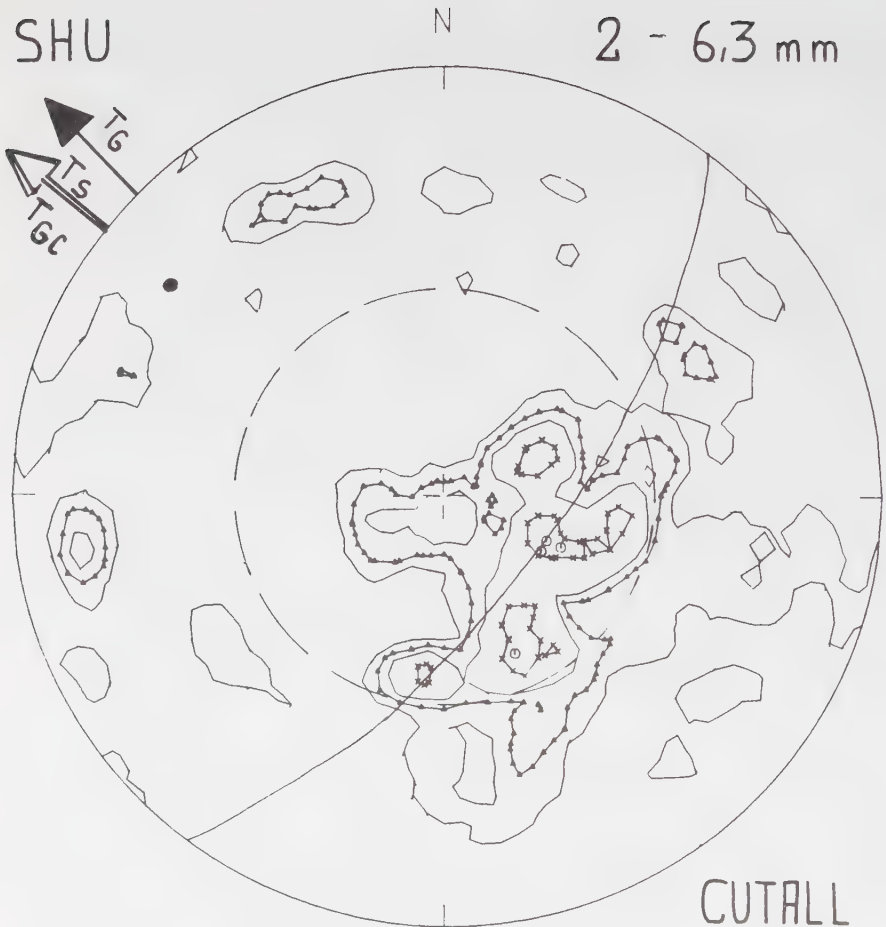


Abb. 26 a Achsenschnittpunkt-Diagramm zu Abb. 25 a

T_S = Transportrichtung nach Schrägschichtungsmessungen

T_G = Transportrichtung nach Abb. 25 a

T_{GC} = Transportrichtung nach dem Großkreis

Die Polpunkte innerhalb des gestrichelten Kreises (45°) entsprechen Schrägschichtungsflächen.

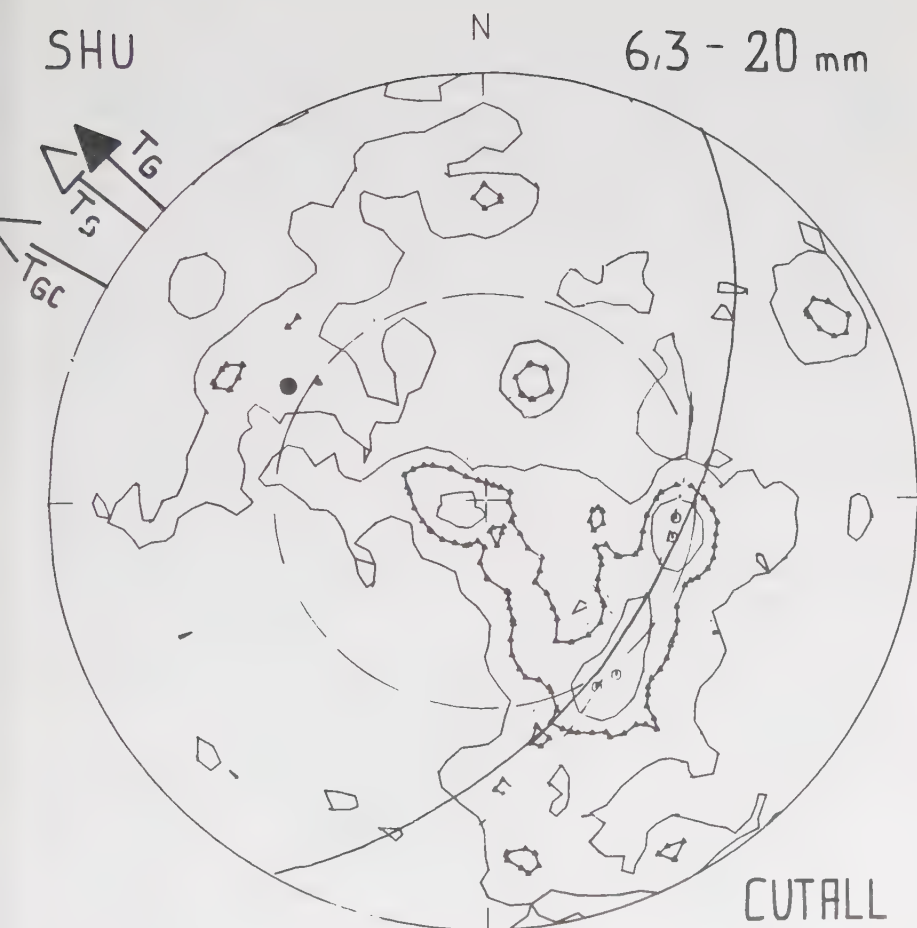


Abb. 26 b Achsenschnittpunkt-Diagramm zu Abb. 25 b

T_S = Transportrichtung nach Schrägschichtungsmessungen

T_G = Transportrichtung nach Abb. 25 b

T_{GC} = Transportrichtung nach dem Großkreis

Die Polpunkte innerhalb des gestrichelten Kreises (45°) entsprechen Schrägschichtungsflächen.

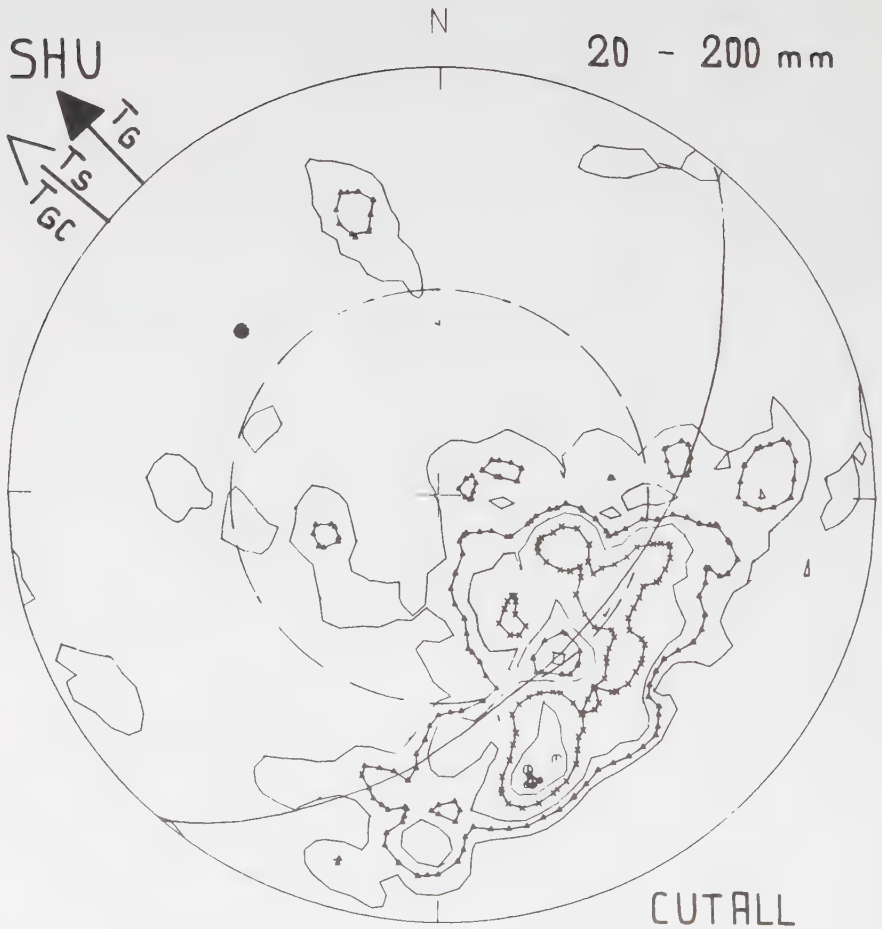


Abb. 26 c Achsenschnittpunkt-Diagramm zu Abb. 25 c

T_S = Transportrichtung nach Schrägschichtungsmessungen

T_G = Transportrichtung nach Abb. 25 c

T_{GC} = Transportrichtung nach dem Großkreis

Die Polpunkte innerhalb des gestrichelten Kreises (45°)

entsprechen Schrägschichtungsflächen.

2.2 Achsenschnittpunkt-Diagramme (CUTALL-Diagramme)

Die Anordnung der Geröllachsen auf Flächen, aus denen die Strömungsrichtung rekonstruiert werden kann, legt die Vermutung nahe, daß es sich um reale Flächen handelt. Es müssen die Flächenelemente sein, auf denen die Gerölle abgelagert wurden, d.h. Teilflächen eines oder mehrerer Schrägschichtungsblätter. Wenn diese Vermutung zutrifft, müßten mit der Subroutine CUTALL des Rechenprogramms GELI (HAYDN, 1971; s. Kap. III,3.4) Polpunkte dieser Flächen zu erzeugen sein.

In der Subroutine CUTALL werden alle eingegebenen Elemente mit einander zum Schnitt gebracht. Handelt es sich um Lineare, in diesem Fall um Geröll-Längsachsen, werden die Lineare wie Normalen zu Flächen behandelt, deren Schnittkanten in das Enddiagramm eingetragen werden (HAYDN, 1971). Der Durchstichpunkt im Schmidt'schen Netz der Schnittkante zweier Flächen, zu denen zwei Lineare die Normalen bilden, ist der Polpunkt zu der Fläche, in der die beiden Lineare liegen. in unserem Fall bedeutet das den Polpunkt einer Schrägschichtungs-Teilfläche.

Bei einer Vielzahl von Linearen entstehen bei dem beschriebenen Vorgang alle möglichen Flächen: reale, in der Natur theoretisch mögliche und nur geometrisch verwirklichte Flächen. Die Schwierigkeit bei den CUTALL-Diagrammen besteht darin, die ersten beiden Gruppen von der dritten zu trennen. Liegen Geröll-Längsachsen zugrunde, wird die Interpretation dadurch erleichtert, daß Schrägschichtungsflächen kaum steiler als 45° einfallen (WURSTER, 1968).

Läßt man also alle steileren Flächen in den CUTALL-Diagrammen der Probe Schützing außer acht (zwischen Peripherie und innerem Kreis in den Abbildungen 26 a - c), so ergibt sich eine Strömungsrichtung von 312° (Feinkies, Abb. 26 a), 313° (Mittelkies, Abb. 26 b) und 306° (Grobkies, Abb. 26 c). Das sind Richtungen, die, berücksichtigt man die Ungenauigkeiten bei der Konstruktion von Großkreisen durch Polpunktfelder, gut mit der Transportrichtung übereinstimmen, die aus Schrägschichtungsmessungen ermittelt wurde (s. Abb. 13 b).

Aus den interpretierten Diagrammen geht also eindeutig hervor, daß die größte Zahl der langen Geröllachsen in Schrägschichtungsflächen

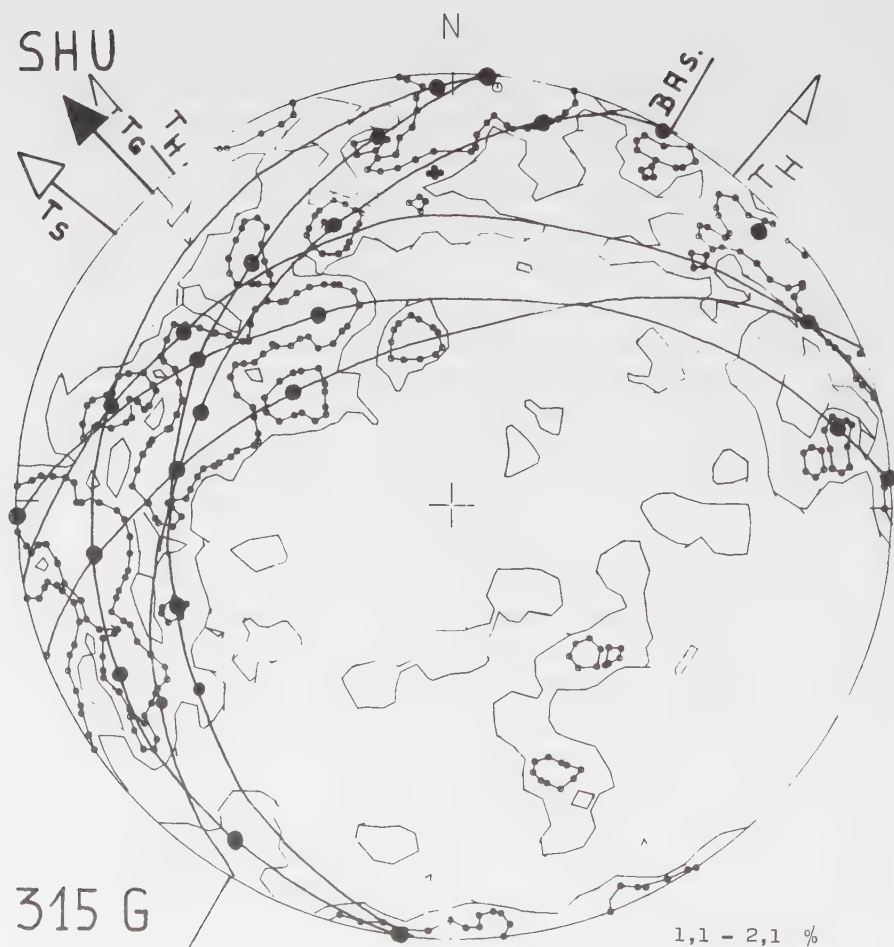


Abb. 27 Beta-Polverteilung aller Geröll-Längsachsen
Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.

- T_S = Transportrichtung nach Schrägschichtungsmessungen
- T_G = Transportrichtung nach den Großkreisen
- T_H = Transportrichtung nach Handmessungen an plattigen Geröllen (nach LUDEWIG, 1972)
- = Schwerpunkte in der Achsenverteilung

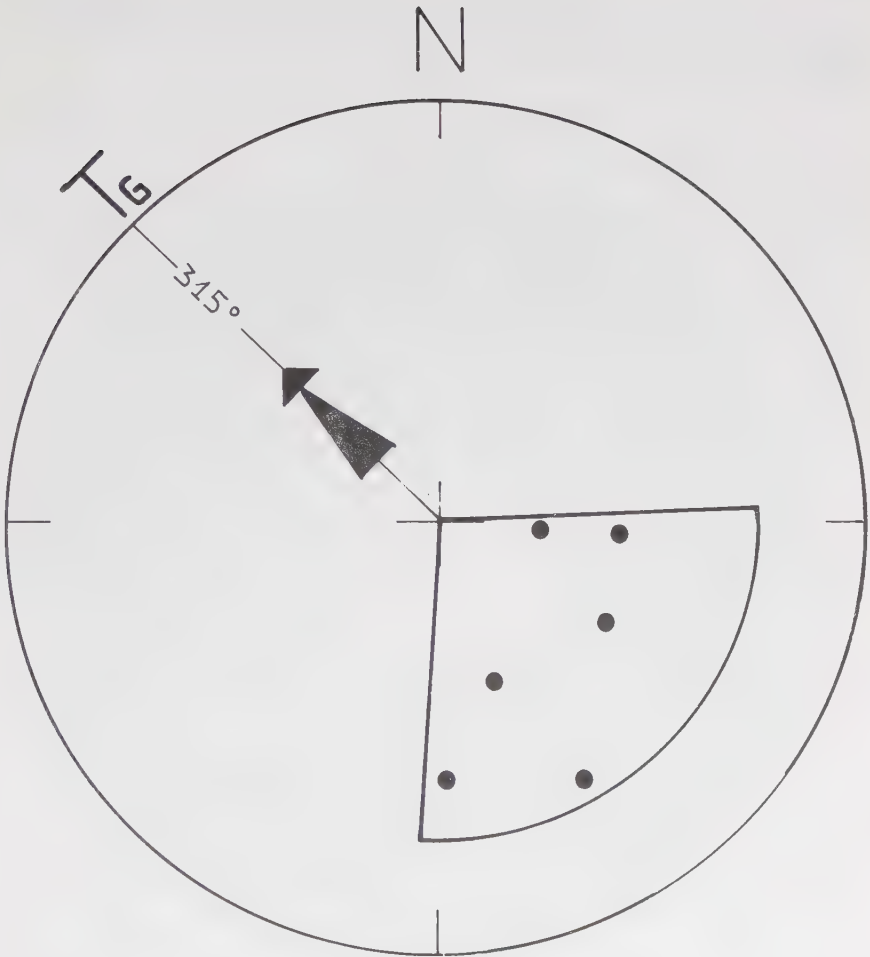


Abb. 28 Diagramm zur Ermittlung der Transportrichtung T_G aus den Polpunkten zu den Großkreisen der Abb. 27
Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.

liegt und daß aus der Orientierung der Längsachsen die Transportrichtung rekonstruiert werden kann.

2.3 Diagramm aller Geröll-Längsachsen einer Probe

Aufgrund der prinzipiellen Ähnlichkeit der Diagramme der einzelnen Kornklassen (Abb. 25 a - c) lassen sich gleiche Ergebnisse bei der Deutung eines Gesamtdiagramms erwarten. Das Gesamtdiagramm Schützing (Abb. 27) zeigt eine Konzentration der langen Geröllachsen in der Diagrammhälfte zwischen SW über NW nach NE; einige wenige Achsen liegen im Zentrum der anderen Diagrammhälfte.

Es ergeben sich folgende Flächen, in denen die Geröllachsen streuen: 28/30 NW, 8/20 W, 88/50 N, 71/60 N, 80/24 N und 6/35 W. Daraus läßt sich die Strömungsrichtung T_s mit 315^0 konstruieren (Abb. 28), die, wie nicht anders zu erwarten, parallel zur Transportrichtung aus Schrägschichtungsmessungen (Abb. 13 b) und nach den CUTALL-Diagrammen (Abb. 26 a - c) verläuft.

2.4 Summendiagramm über alle untersuchten Schotterproben

In den Diagrammen der einzelnen Bildpaare, d.h. Proben, (Anl. 3) sind immer nur Teilbereiche eines allgemeinen Anlagerungsgefüges erfaßt. Um davon ein Gesamtbild zu erhalten, bietet es sich an, sämtliche konstruierten Flächen, bzw. deren Großkreise, mit den dazugehörigen Schwerpunkten der Längsachsenstreuungen in ein Diagramm einzutragen (Abb. 29).

2.41 Beschreibung des Summendiagramms

In dem Summendiagramm (Abb. 29) sind 118 Großkreise und 465 Längsachsenhäufungen enthalten. Die Einzeldiagramme (Abb. 27, Anl. 3) wurden auf eine gemeinsame Transportrichtung gedreht (Norden des Diagramms). Die Großkreise lassen sich in drei Hauptgruppen und in zwei Nebengruppen einteilen:

- | | | |
|----------------|-----------|-----------------|
| 1. Hauptgruppe | Streichen | $0^0 - 45^0$ |
| | Fallen | $0^0 - 50^0$ NW |

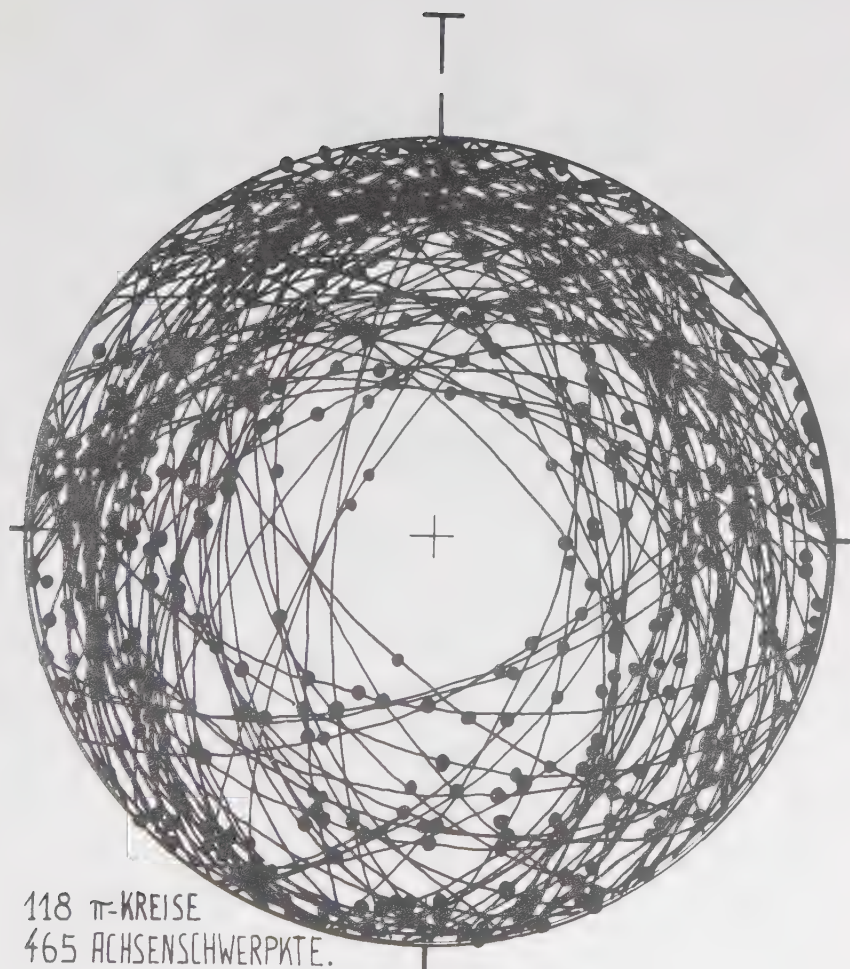


Abb. 29 Summendiagramm aller Großkreise durch die Verteilungsschwerpunkte der Geröll-Längsachsen, auf eine gemeinsame Transportrichtung T rotiert (Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb.)

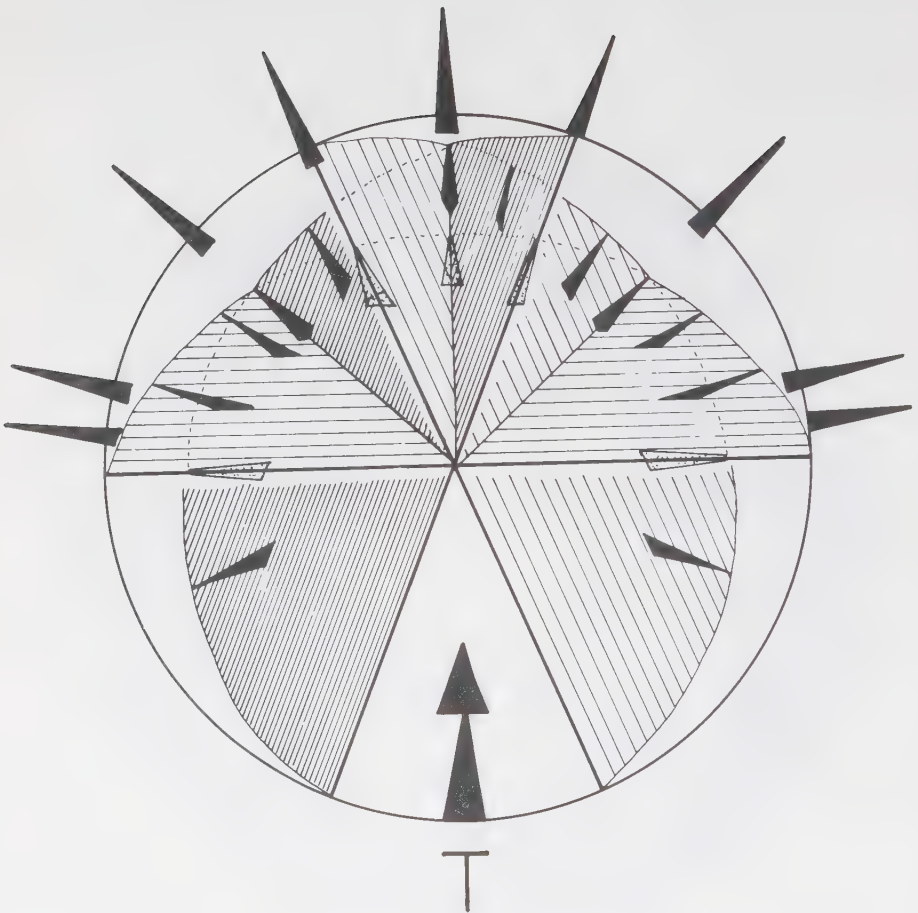


Abb. 30 Die drei Hauptverteilungsflächen für Geröll-Längsachsen
(Pfeilspitzen) in schräggeschichteten Schottern (nach
dem Summendiagramm in Abb. 29)
untere Lagenhalbkugel

2. Hauptgruppe Streichen $135^{\circ} - 180^{\circ}$
Fallen $0^{\circ} - 50^{\circ}$ NE
3. Hauptgruppe Streichen 90°
Fallen $0^{\circ} - 60^{\circ}$ N

Die beiden Nebengruppen streichen um 45° bzw. um 135° und fallen durchschnittlich mit 45° nach SE bzw. SW ein. Dabei ordnen sich die Längsachsenschwerpunkte um das Zentrum der südlichen Diagrammhälfte an, d.h. um den Schnittpunkt der beiden Großkreise. Das bedeutet: die Gerölle, die gegen die Strömungsrichtung eingekippt sind, tauchen mit $30 - 50^{\circ}$ ein. Dies entspricht etwa dem Winkel, den VON BARKALOW (1945), CAILLEUX (1945) und POTTER & PETTIJOHN (1963) fanden.

Die Längsachsenschwerpunkte bilden drei Maxima: eines in Transportrichtung, die beiden anderen symmetrisch quer dazu. Die dazwischen liegenden Schwerpunkte streuen nicht unregelmäßig über den Großkreise Gürtel, sondern liegen auf wenigen Großkreisen, symmetrisch zur Transportrichtung. Daraus ergibt sich die stark vereinfachte Abbildung 30.

2.42 Folgerungen aus dem Summendiagramm

Aus dem Summendiagramm (Abb. 29) geht - wie schon in den Einzeldiagrammen angedeutet - hervor, daß die Flächen, die konstruktiv aus der Streuung der Längsachsen ermittelt wurden, Teilflächen eines Schrägschichtungsblattes sind. (Zur Darstellung des Schrägschichtungsblattes im Schmidt'schen Netz siehe Kap. VIII, 1.) Das Schrägschichtungsblatt stellt sich schematisch dar als eine Mulde, die mit ihrer Scheitellinie gegen die Transportrichtung erst flach, dann bis zu einem Winkel von 45° steiler ansteigt. Diese Mulde wird durch eine horizontale Fläche abgeschnitten (Erosion, WURSTER, 1968). In der beschriebenen Paraboloid-Mulde haben Geröll-Längsachsen mit einer bestimmten Richtung auch einen bestimmten Platz. Das bedeutet: statistisch gesehen kann aus der Richtung der Längsachsen auf den Anschnitt eines Schrägschichtungsblattes geschlossen werden. Daneben treten auch, wie schon früher beobachtet (u.a. KRAUMBEIN, 1939; RUCHLIN, 1958; WADDELL, 1936) Gerölle auf, die gegen die Strömungsrichtung eingekippt sind. Diese Gerölle werden auf mehr oder weniger horizontalen Flächen liegen, d.h. auf dem Boden eines Schrägschichtungsblattes oder auf der Oberfläche eines großen Schüttungskörpers.

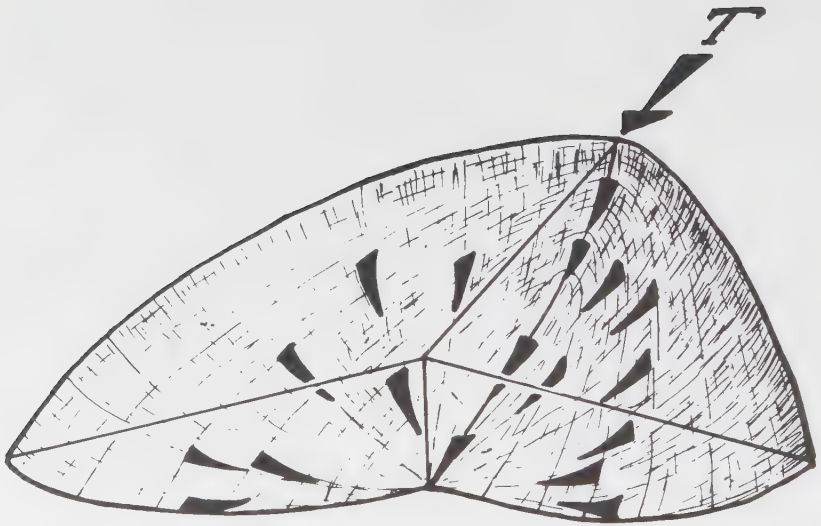


Abb. 31 Plastische Zeichnung eines allgemeinen Schrägschichtungs-
 blattes mit schematisch eingetragenen Geröll-Längsachsen
 (Pfeilspitzen)
 (nach dem Summendiagramm in Abb. 29)

Aus dem bisher über die Form des Schrägschichtungsblattes und über die Lage von Geröll-Längsachsen gesagten läßt sich die dreidimensionale Figur der Abbildung 31 konstruieren.

3. EINREGELUNGSMECHANISMUS BEI DER ABLAGERUNG SCHRÄGESCHICHTETER SCHOTTER

Bisherige Untersuchungen über die Einregelung von Geröll-Längsachsen bezogen auf die Transportrichtung ergaben: Einregelung parallel zum Transport, senkrecht dazu oder beides zusammen (u.a. DOGLAS, 1962; KALTENHERBERG, 1957; POTTER & PETTIJOHN, 1963; RICHTER, 1933), in schräggeschichteten Sedimenten spitzwinklig symmetrisch zur Schüttung (KALTENHERBERG, 1957). Dabei muß beachtet werden, daß z.T. die Schrägschichtung nicht erkennbar war und daß z.T. nur relativ kleine Probenflächen bearbeitet wurden (30 - 40 cm x 30 - 40 cm, KALTENHERBERG, 1957). Damit wurde nur ein Ausschnitt aus einem Schrägschichtungsblatt erfaßt (s.Kap. IX). Ferner wurde die Achsenorientierung oft nur auf die allgemeine Transportrichtung bezogen und nicht auf die lokale Strömungsrichtung, die eigentlich für die Einregelung der Gerölle verantwortlich war. Die drei genannten Fehler lassen sich gerade durch die Anwendung der terrestrischen Photogrammetrie ausschalten. Die Feststellungen über die bevorzugte Gerölleinregelung bezogen auf die Transportrichtung widersprechen einander und auch meinen Ergebnissen nicht, wenn man für schräggeschichtete Sedimente einen Einregelungsmechanismus annimmt, wie er in Abbildung 32 schematisch dargestellt ist.

Es wirken vor allem drei Faktoren: Transportrichtung, d.h. die Richtung der lokalen Transportkraft, Schwerkraft und die Orientierung der Anlagerungsfläche. Ein längliches Geröll wird mehr oder weniger um seine Längsachse rotierend transportiert (MÜLLER, G., 1964), d.h. mit quer zur Transportrichtung orientierter Längsachse über den Untergrund gerollt. Erreicht das Geröll nun den Rand einer schrägen Fläche (Schrägschichtungsblatt), so schwebt ein Teil des Gerölls frei im Wasser. Die Strömungskraft dreht das Geröll um seinen verbliebenen Auflagepunkt in Strömungsrichtung. Gleichzeitig wirkt die Schwerkraft - durch den Auftrieb vermindert - , so daß das Geröll mit seinem freien

Teil zu sinken beginnt. Es wirkt also eine resultierende Kraft, die schräg nach unten in Transportrichtung weist. Die geneigte Anlagerungsfläche hält das Geröll in einer Lage mehr oder weniger diagonal zur Transportrichtung fest, wenn die Anlagerungsfläche parallel zur Strömungsrichtung streicht. Stünde die Anlagerungsfläche senkrecht, würde das Geröll herunterfallen und mit seiner Längsachse parallel zur Strömungsrichtung liegen bleiben.

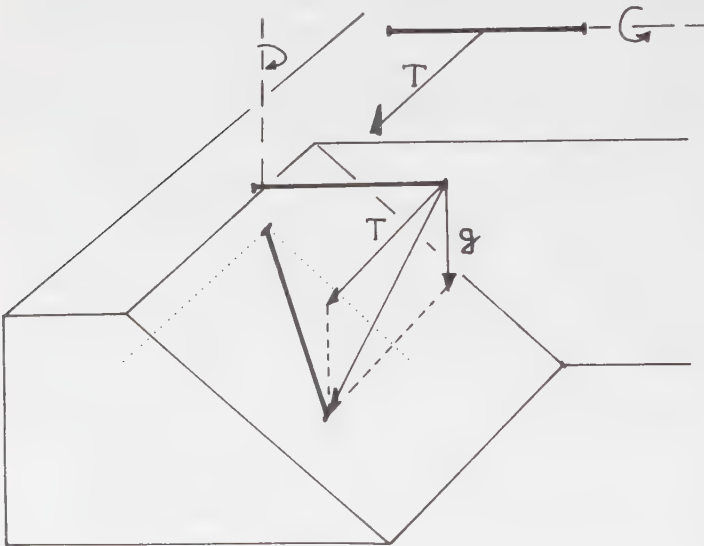


Abb. 32 Schematische Skizze zum Einregelungsmechanismus bei der Ablagerung schrägschichteter Schotter.

T = Transportrichtung; g = Schwerkraft; gebogene Pfeile = Drehsinn; dicke Striche = Geröll-Längsachse

Bei Anlagerungsflächen, die quer zur Transportrichtung streichen aber mit ihr einfallen, kann das Geröll voll in die Strömungsrichtung gedreht werden und mit der Längsachse parallel dazu einfallend auf der Schrägen liegen bleiben.

Aus der Tatsache, daß in schrägschichteten Sedimenten Teilflächen vorherrschen, die spitzwinklig bis diagonal zur Transportrichtung

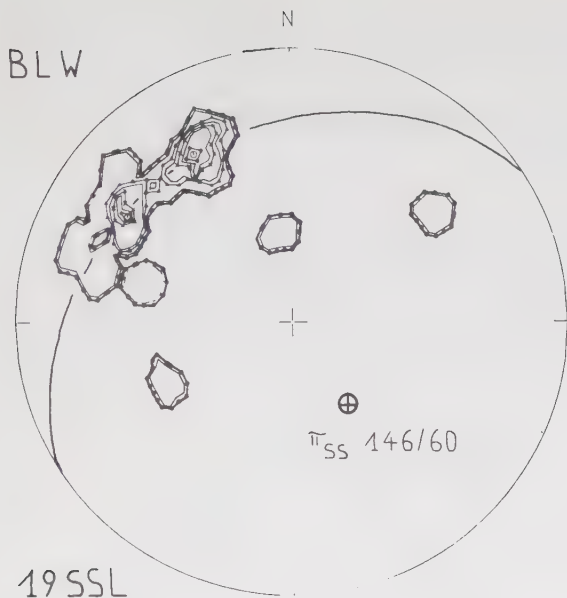


Abb. 33 a
Diagramm zur Ermittlung der Schichtung aus Anschnittlinien von Feinschichtung (Molassekonglomerat "Blaue Wand" bei Traunstein/Obb.)

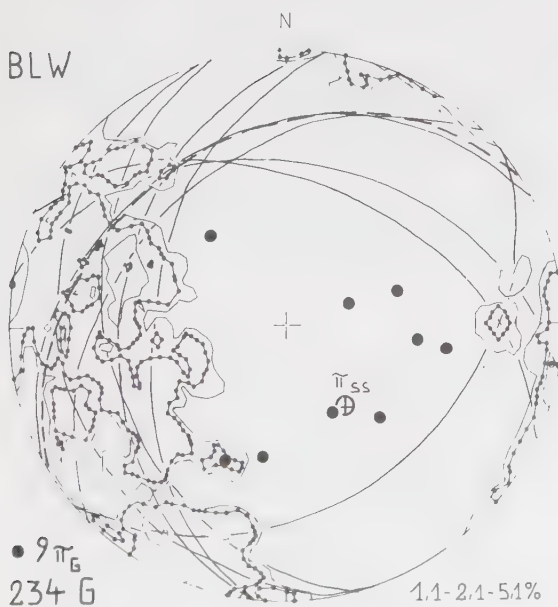


Abb. 33 b
Beta-Polverteilung der Geröll-Längsachsen (untere Lagenhalbkugel)
ss = gestrichelter Großkreis
durchgezogen die Großkreise durch die Verteilungsschwerpunkte

streichen, ergibt sich die vorwiegend diagonale Einregelung der Geröll-Längsachsen (s.Kap. VI,1).

4. DIE GERÖLL-LÄNGSACHSENORIENTIERUNG IM MOLASSEKONGLOMERAT BEI TRAUNSTEIN/OBB.

Auf stark angewitterte Konglomerate wie das der "Blauen Wand" bei Traunstein/Obb. (Abb. 3; Kap. V,4.2) trifft wie für die quartären Schotter zu, daß statistisch gesehen die längsten Geröllachsen gemessen wurden. Infolgedessen kann versucht werden, die oben beschriebenen Regeln (Kap. VI, 2 u. 3) auf die Analyse der Geröllorientierung anzuwenden.

4.1 Beschreibung des Diagramms

Abbildung 33 b zeigt die Verteilung der Beta-Pole der Geröll-Längsachsen in der westlichen Hälfte des Schmidt'schen Netzes. Die Form und Anordnung des Verteilungsbildes läßt acht Großkreise ziehen, die folgende Richtungen haben: 6/40 W, 8/50 W, 45/40 NW, 61/28 NW, 101/40 N, 116/43 NE, 162/20 W und 164/34 W. Die Großkreise schneiden sich etwa zwischen 270° und 320° . Mit etwa 115° stumpfwinklig zu diesem Schnittpunktfeld läßt sich ein neunter Großkreis mit 48/33 SE zeichnen, dessen erstes und letztes Drittel mit Beta-Polen von Geröll-Längsachsen belegt ist.

Ferner zeigt sich, daß die Längsachsen keinerlei Symmetriebeziehungen zur Schichtung aufweisen (gestrichelter Großkreis in Abb. 33 b). Die Parallelität zweier konstruierter Großkreise mit der Schichtung kann als Zufall angesehen werden.

4.2 Deutung des Diagramms

Wenn die Gesetzmäßigkeiten bei der Ablagerung schräggeschichteter Schotter (Kap. VI, 2 u. 3) Gültigkeit haben, muß sich aus den konstruierten Verteilungsflächen die Transportrichtung ableiten lassen. Dazu muß die Schichtung erst wieder in die Horizontale zurückgedreht werden. Die Schichtung streicht 56° und fällt mit 30° nach NW. Dieser Wert wurde aus einem Anschnittlinien-Diagramm von Feinschichtung

Durch die Addition der Achsenvektoren einer Probe ergibt sich eine Resultierende. Schließen sich die addierten Vektoren zu einem Kreis, ist die Resultierende gleich Null. Haben die Vektoren alle die gleiche Richtung, so hat auch die Resultierende die Richtung der Einzelvektoren und erreicht ihren größten Betrag.

Im ersten Fall besteht keine Regelung; im zweiten Fall sind die Körner streng eingeregelt. Aufgrund solcher Überlegungen läßt sich eine Methode entwickeln, den Regelungsgrad quantitativ zu bestimmen. Richtung und Betrag der Resultierenden hängen u.a. von den Winkeln der Einzelvektoren zueinander ab. Je weniger deren Richtungen um einen Mittelwert streuen, desto größer ist der Betrag der Resultierenden.

In den Regelungsgrad muß auch die Zahl der Vektoren eingehen. Andernfalls würden einige wenige, nicht typische Richtungen einen falschen Regelungsgrad vortäuschen.

Für die folgenden Überlegungen und Rechnungen werden die nachstehenden Größen eingeführt:

n	= Anzahl der Achsenvektoren
v	= Betrag eines Vektors
$R_{\max}$	= theoretischer Maximalwert der Resultierenden (cm)
R_{real}	= wahrer Betrag der Resultierenden (cm)
RZ	= theoretische Regelungszahl
$RZ = R_{\max} : n$	(cm)
RZ	= Regelungszahl
$RZ = R_{\text{real}} : n$	(cm)
RG	= Regelungsgrad (prozentualer Anteil von RZ an RZT)

Der Regelungsgrad ergibt sich aus dem Vergleich von $R_{\max}$, R_{real} und RZ .

Zur Vereinfachung der Rechnung wird der Betrag der Einzelvektoren einheitlich mit 100 cm angenommen. Eine derartige vereinheitlichende Betrachtung der Geröllachsen steht im Widerspruch zu den Feststellungen von DOGLAS (1962), daß die Längsachsen der Gerölle über 20 mm Durchmesser überwiegend senkrecht zum Transport liegen. Die Geröll-Längsachsen als Einheitsvektoren zu betrachten, widerspricht jedoch nicht den Ergebnissen über die Richtungsverteilung in den verschiedenen Kornklassen in Kapitel IV; denn die Tendenz bei allen Korn-

größen ist gleich. Die Geröll-Längsachsen als Einheitsvektoren sind vielmehr die Konsequenz aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen über die Orientierung der Längsachsen (Kap. IV).

Bei strenger Regelung ergeben sich folgende Formeln:

$$R_{\text{real}} = n \times v = n \times 100 \text{ cm} = R_{\text{max}}$$

$$RZT = R_{\text{max}} : n = 100 \text{ cm}$$

Damit ergibt sich für den Regelungsgrad:

$$\begin{aligned} AG &= (100 \times RZ) : RZT = (100 \times R_{\text{real}}) : (n \times RZT) = \\ &= (100 \times R_{\text{real}}) : (n \times 100) \end{aligned}$$

R_{real} und der Nenner $(n \times 100)$ haben die Dimension cm. Es kürzen sich 100 im Zähler und 100 im Nenner weg, sodaß sich die dimensionslose

$$\text{Zahl } AG = R_{\text{real}} : n \text{ ergibt.}$$

Es ist zu beachten, daß diese Formel für den Regelungsgrad nur gilt, wenn den Achsenvektoren ein Betrag von 100 (Dimension) zugeordnet wird.

2. ANWENDUNG AUF MODELLE

Bei strengster Parallelorientierung der Achsenvektoren ist $AG = 100$, bei Kreisschluß der Vektoren ist $AG = 0$. Es folgen weitere Beispiele für mögliche Kombinationen von Achsenvektoren.

- a) es kommen nur zwei Richtungen vor, die in einer Ebene liegen und sich um 90° unterscheiden.

$$AG = 70,8$$



- b) Es kommen nur zwei Richtungen in einer Ebene vor, die sich um 180° unterscheiden.

$RG = 0$ bei geradzahligem n

RG geht gegen 0 , wenn n ungeradzahlig und groß

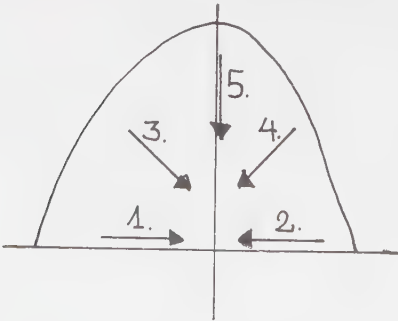


- c) Es kommen in einer Ebene drei Richtungen vor, wobei sich zwei um 90° unterscheiden und die dritte die Winkelhalbierende dazu bildet.

$RG = 80,5$



- d) Idealisiertes Schrägschichtungsblatt mit fünf Richtungen



$RG = 48,3$, wenn die fünf Richtungen im Verhältnis $1:1:1:1:1$ vorkommen.

Überwiegt z.B. die fünfte Richtung mit dem Faktor 6, so bleibt die Richtung der Resultierenden wie vorher, RG erhöht sich jedoch aufgrund der besseren Regelung auf $74,2$.

Läßt man die dritte und vierte Richtung zu gleichen Teilen mit dem Faktor 6 überwiegen, so ergibt sich bei $n = 16$ ein RG von ca. 16 . Das Achsenverhältnis wäre dann $1:1:6:6:1$. Dieser Wert kommt dem sehr nahe, der sich aus den untersuchten Proben ergab (S. den folgenden Abschnitt 3). Die Richtung der RG zugrunde liegenden Resultierenden ist parallel zur angenommenen Strömung.

3. REGIONALE ANWENDUNG

Die in Absatz 1 und 2 geschilderten Überlegungen wurden auf die vermessenen Stereomodelle aus den Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb. angewandt. Bei der großen Zahl von Messungen (ca. 8 000 Geröll-Längsachsen) ist anzunehmen, daß statistisch gesehen ein ganzes Schrägschichtungsblatt mit seinen auflagernden Geröllen erfaßt wurde.

In Tabelle 3 sind die RG-Werte und die Richtungen der Resultierenden R_{real} der Proben zusammengestellt.

Tabelle 3 RG-Werte und Richtungen der R_{real} aus den Proben vom Unterlauf der Alz/Obb.

Lokalität	R_{real} (°)	RG
ALZ 1	20	21,4
EMM 2	275	4,4
EMM 3	110	18,1
HLZ 1	115	26,5
HLZ 2	127	24,4
HLZ 3	25	24,2
LEN 2	205	14,7
LEN 3	203	3,5
MIT 2	138	10,4
MIT 3	0	14,4
PFL 1	160	21,1
PFL 2	193	7,6
PFL 3	30	12,8
PIW 1	150	21,9
PIW 2	300	9,4
SHG 4	88	9,4
SHU 1	322	22,0

(Zur Lage der Lokalitäten s. Anlage 1 - 3 und Tab. 1)

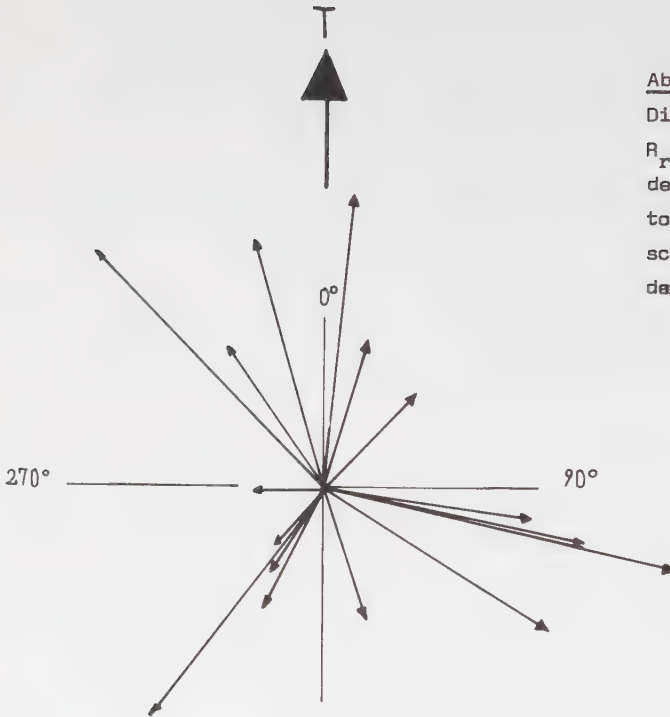


Abb. 34 a

Die Resultierenden R_{real} aus der Addition der Geröllachsen-Vektoren einzelner Aufschlüsse am Unterlauf der Alz/Obb.

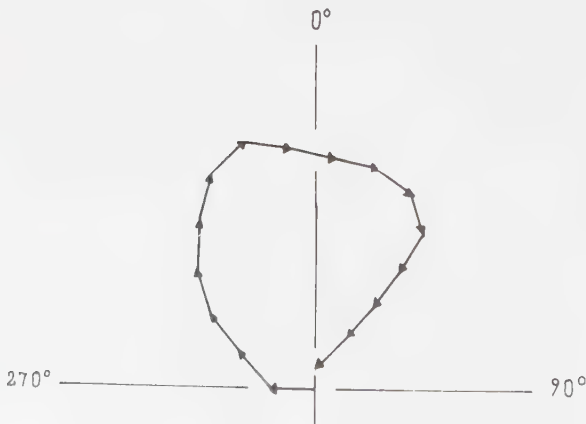


Abb. 34 b

Addition der R_{real} aus Abb. 34 a als Einheitsvektoren. Es ergibt sich eine kurze Gesamtresultierende in Transportrichtung T.

Der mittlere AG-Wert beträgt 15,5; die Einregelung der Gerölle ist also schlecht. Das ist verständlich, wenn man die Strömungsrichtung nicht als einzigen Einregelungsfaktor ansieht, und wenn man noch zusätzlich die Lage der Gerölle im Schrägschichtungsblatt in Betracht zieht (s. Kap. VI, 2 u. 3). Daraus folgt auch, daß die Resultierenden R_{real} keine bestimmte Relation zur Transportrichtung zeigen (Abb. 34). Aus dieser Abbildung geht nur wieder hervor, wie schon in Kapitel VI beschrieben, daß die meisten Geröll-Längsachsen sowohl quer als auch diagonal als auch parallel zur Transportrichtung liegen und nur wenige gegen die Strömung eingekippt sind.

Ersetzt man die Probenresultierenden aus Abbildung 34 a durch Einheitsvektoren und addiert diese, so ergibt sich eine Figur wie in Abbildung 34 b. Die gegen die Strömung gerichteten Vektoren verringern stark den Betrag der Gesamt-Resultierenden. Diese ist jedoch, wie nach den Ergebnissen und Überlegungen von Kapitel VI und VII,2 zu erwarten, parallel zum Transport ausgerichtet.

VIII. PALÄO GEOGRAPHISCHE FOLGERUNGEN AUS SCHRÄGSCHICHTUNGSMESSUNGEN UND GERÖLLORIENTIERUNG

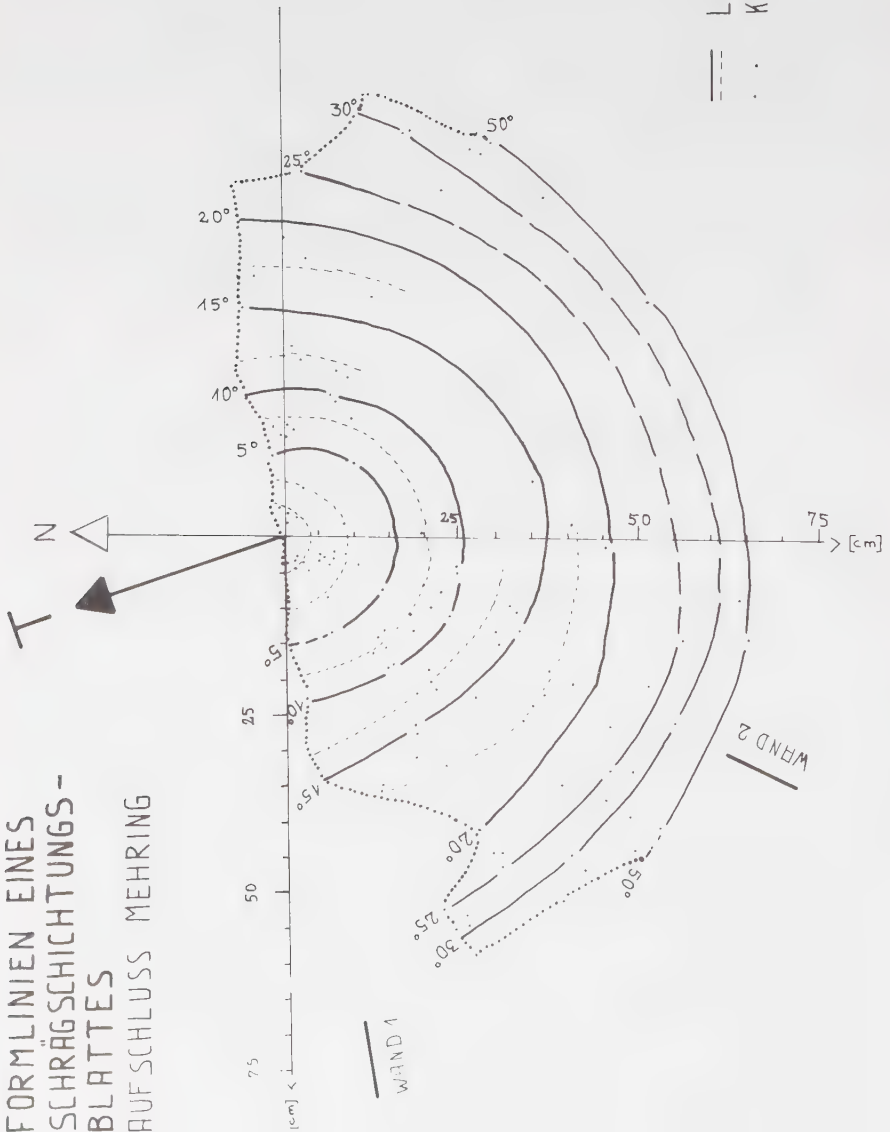
1. MASSTÄBLICHE REKONSTRUKTION EINES SCHRÄGSCHICHTUNGSBLATTES

1.1 Konstruktion von Formlinien

Bei der maßstäblichen Konstruktion von Formlinien der Schrägschichtungsblätter trägt man zunächst vom Zentrum eines rechtwinkligen Koordinatenkreuzes aus Länge und Streichrichtung der Anschnittlinien eines Schrägschichtungsblattes (Schrägschichtungslineare) an, deren Einfallen zwischen 0° und 5° liegt. Die vom Nullpunkt weitest entfernt liegenden Punkte werden mit einer Linie verbunden. Es folgen die Schrägschichtungslineare mit einem Einfallen zwischen 6° und 10° . Sie werden auf Strahlen vom Nullpunkt aus so angetragen, daß ihre Länge von der 5° -Formlinie aus zählt. Entsprechend werden alle weiteren Formlinien konstruiert.

Abb. 35

FORMLINIEN EINES
SCHRÄGSCHÜTTUNGS-
BLATTES
AUF SCHLUSS MEHRING



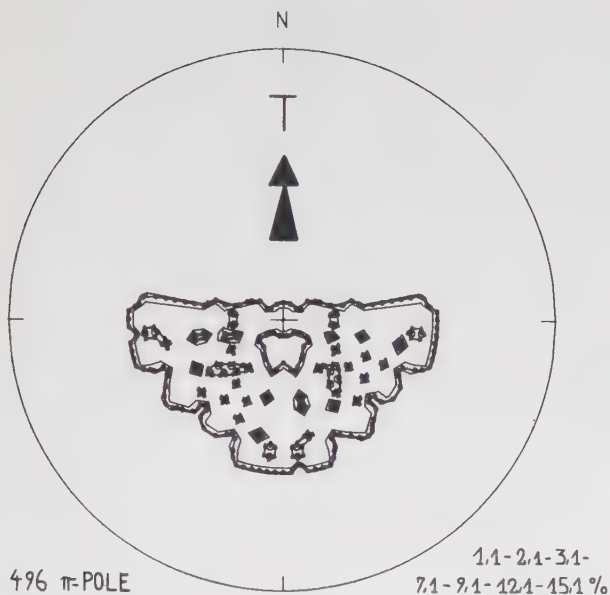


Abb. 36 a

Nach Abb. 35 konstruiertes Verteilungsbild von Schrägschichtungsflächen-Polen
(untere Lagenhalbkugel)

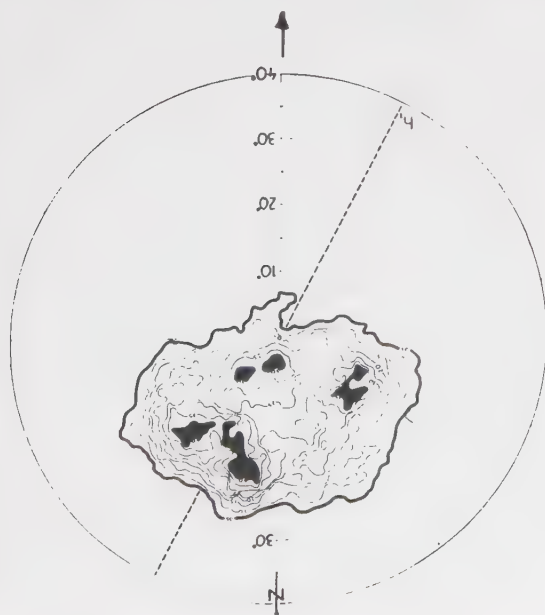


Abb. 36 b

Verteilungsbild von Schrägschichtungsflächenpolen aus Kompaßmessungen im Schilfsandstein des Killesberges bei Stuttgart
(nach WURSTER, 1958, S. 331)

Um möglichst einfache Konstruktionsbedingungen für die Formlinien zu erreichen, verwendet man am besten Schrägschichtungslineare von winklig aneinanderstoßenden Aufschlußwänden, wie es z.B. bei den Stereobildpaaren Mehring (MEH) 1 und 2 gegeben ist.

Nach dem oben beschriebenen Konstruktionsverfahren entstand ein Formlinienplan, der ein Schrägschichtungsblatt mit den folgenden Eigenschaften nachzeichnet (Abb. 35):

Das Schrägschichtungsblatt ähnelt einer Schüssel mit flach ansteigendem Boden und steilen Rändern. Es ist in Strömungsrichtung mit einem Winkel von ca. 160° geöffnet und senkrecht dazu leicht nach außen gedehnt. Dem entsprechen die Längen der Halbmesser: 55 cm parallel zur Transportrichtung und 65 cm senkrecht dazu.

1.2 Abstrahierte, geometrische Darstellung im Schmidt'schen Netz

Die unter 1.1 beschriebene Form besteht einmal aus einer Fläche, die um die Strömungsachse gebogen ist, woraus sich eine Mulde ergibt, deren Teilflächen (Tangentialflächen) parallel zur Strömungsachse streichen und verschieden steil auf sie zu einfallen. Zum zweiten ist die Mulde um eine Achse senkrecht zu der ersten derart gebogen, daß die Scheitellinie erst flach und dann steiler gegen die Transportrichtung ansteigt. Berücksichtigt man, daß Schrägschichtungsblätter bei weiterer Aufschotterung ihre oberen Partien durch Erosion verlieren (WURSTER, 1958), d.h. daß die vorher konstruierte Mulde von einer horizontalen Fläche abgeschnitten wird, so ergibt sich im Schmidt'schen Netz (untere Lagenhalbkugel) eine Polpunktverteilung der Tangentialflächen wie in Abbildung 36 a. Zugrunde liegen diesem Diagramm eine horizontale Fläche, 6 Flächen, die parallel zur Strömungsachse streichen und symmetrisch in Intervallen von 10° auf sie zu einfallen, und 3 Flächen, die senkrecht zur Strömungsachse streichen und in 10° -Intervallen mit der Transportrichtung einfallen. Das Daraus gewonnene Polpunktfeld im Schmidt'schen Netz (Abb. 36 a) gleicht dem Diagramm, das WURSTER (1958) aus Geländemessungen von Schrägschichtungsflächen im Schilfsandstein gewann (Abb. 36 b).

2. ERSTELLUNG EINES PALÄOGEOGRAPHISCHEN PROFILS

In Kapitel VI wurde festgestellt, daß statistisch gesehen die Orientierung der Längsachsen von Geröllern auf die Position der Gerölle innerhalb des Schrägschichtungsblattes schließen läßt.

In Kapitel VII wurde auf die Vektoreigenschaft der Längsachsen hingewiesen. Die Richtung der Resultierenden aus den Einzelvektoren ist die durchschnittliche Orientierung der Geröllachsen innerhalb einer Probe.

2.1 M e t h o d e

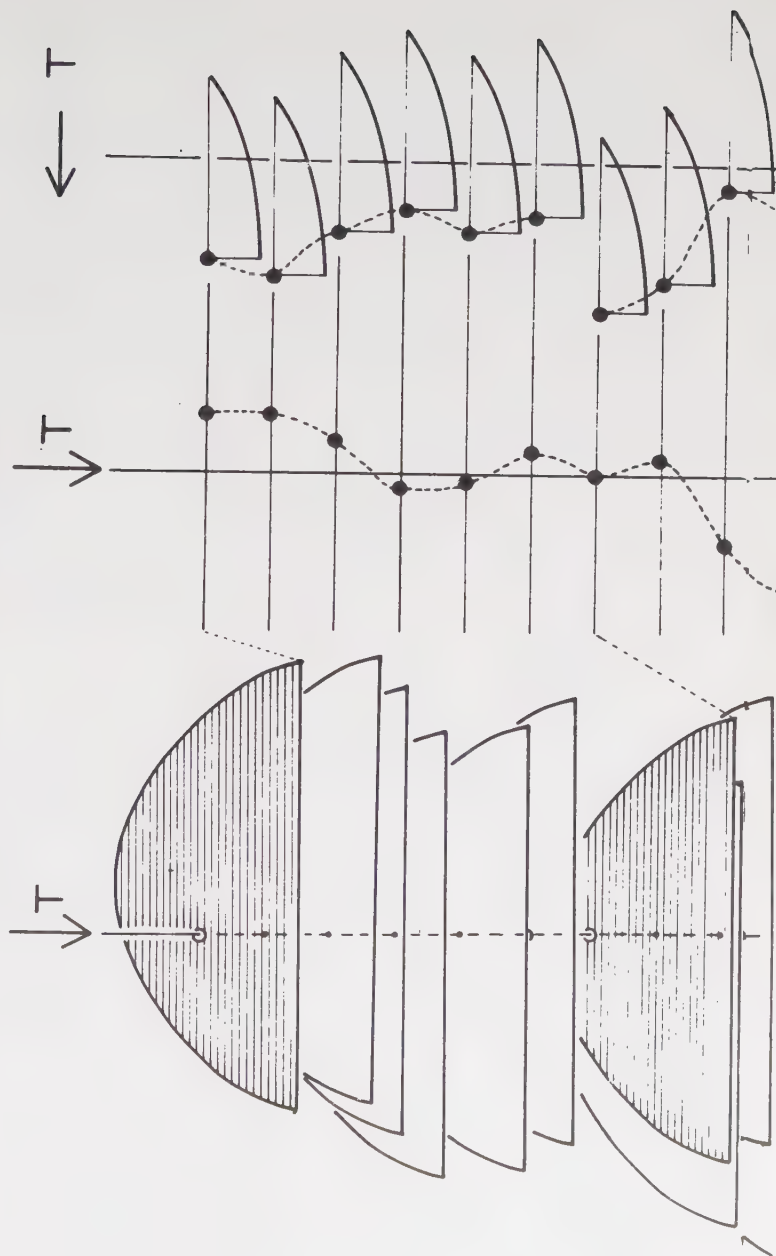
Rekonstruktion des paläogeographischen Profils bedeutet die Ermittlung der Lage eines durchschnittlichen Schrägschichtungsblattes pro Meßrasterzeile bezogen auf die vertikale Mittellinie des Rasters. Der Schnittpunkt der Mittellinie mit dem schematisierten Grundriß eines Schrägschichtungsblattes, wie es aus Kapitel VIII,1 hervorgeht, gibt die durchschnittliche Lage des Gerölls pro Rasterzeile im Schrägschichtungsblatt an. Ermittelt wird der Schnittpunkt, indem vom Nullpunkt des Grundrisses (Kap. VIII,1; Abb. 35) die Zeilenresultierende angetragen wird. Dabei spielt nicht nur die Richtung der Resultierenden eine Rolle sondern auch ihre Länge. Aus ihr ersieht man, ob das Durchschnittsgeröll am Boden des Schrägschichtungsblattes (kurze Resultierende, keine einheitliche Orientierung der Einzelachsen) oder an den geneigten Flanken liegt, wo eine straffere Regelung möglich ist (s.Kap.VI), woraus eine Resultierende mit größerem Betrag folgt. Das Ergebnis dieser Methode, angewandt auf die Probe Schützing, zeigt Abbildung 37.

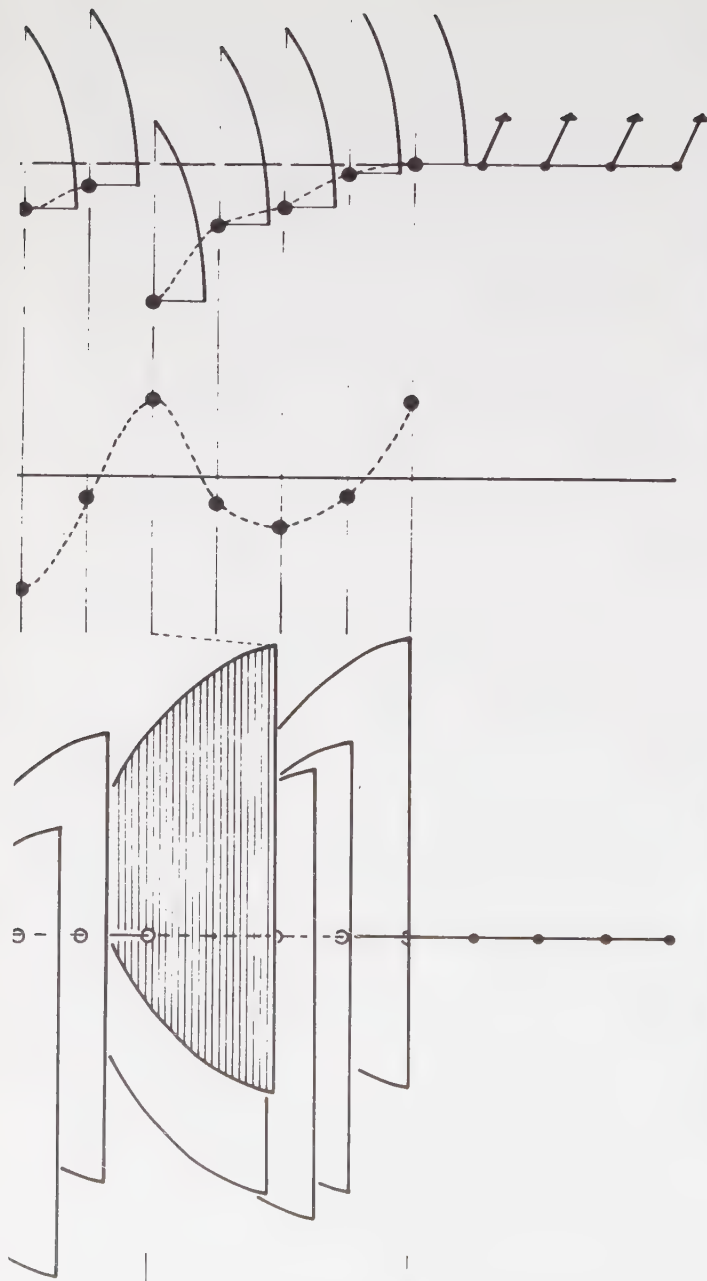
Die Darstellung der verschiedenen Positionen des Schrägschichtungsblattes kann unterschiedlich erfolgen. Einmal werden die Grundrisse der Schrägschichtungsblätter übereinandergezeichnet. Zum anderen kann die Abweichung des Blattmittelpunktes von der vertikalen Rastermitte als Kurve dargestellt werden, als Verschiebung quer und parallel zu T.

2.2 B e s c h r e i b u n g u n d F o l g e r u n g e n

Aus den übereinandergezeichneten Grundrissen der Schrägschichtungsblätter entsteht ein pseudo-plastisches Bild (Abb. 37, linke Figur).

PALÄOGEOGRAPHISCHES PROFIL AUF SCHLÜSS SCHÜTZUNG





3 ABSCHNITT

2 ABSCHNITT

1 ABSCHNITT
GERÖLL-LÄNGSACHSEN
GEGEN T EINGEKIPPT

SCHEMATISCHER GRUNDRISS EINES
SCHRÄGSCHÜTTUNGSBLATTES
BEWEGUNG QUER UND PARALLEL ZUR
TRANSPORTRICHTUNG

BEWEGUNG DES SCHRÄGSCHÜTTUNGSBLATTES
QUER ZUR TRANSPORTRICHTUNG
PARALLEL

Nach der unteren 15 cm mächtigen Schicht, in der die Gerölle vorwiegend gegen die Strömung eingekippt sind, beginnt die Folge mit einem seitlich nach links (in Strömungsrichtung gesehen) verschobenen Blatt. Es folgen drei, fast gleich orientierte Blätter, die um eine mittlere Rechtsposition pendeln. Nach einem weiteren links angeschnittenen Blatt folgen fünf Blätter, die um eine mittlere Rechtslage schwanken. Den Schluß bilden sechs Blätter, die sich von einer Mittelposition leicht nach rechts verschieben. Diesen Sachverhalt schildert auch die Kurve, die die seitliche Abweichung des Blatt-Nullpunktes von der Mittellinie darstellt (Abb. 37, mittlere Figur).

Die Kurve, die die Verschiebung des Blatt-Nullpunktes in Strömungsrichtung wiedergibt, zeigt ebenfalls eine deutliche Gliederung in vier Abschnitte (Abb. 37, rechte Figur). Nach den unteren 15 cm wandert das Schrägschichtungsblatt in den nächsten 30 cm in Strömungsrichtung nach vorn, das Ende des Schrägschichtungsblattes wird erreicht. In den folgenden 25 cm beginnt der nächste Zyklus wieder etwa am Nullpunkt des Blattes, das sich nach kurzem Pendeln nach vorn schiebt, bis es sein Ende erreicht hat. In den letzten 30 cm beginnt ein neuer Zyklus, wieder beim Nullpunkt des Schrägschichtungsblattes, das sich dieses Mal jedoch nur wenig, leicht pendelnd vor-schiebt

Die Vorwärtsbewegung des Schrägschichtungsblattes in Zyklen spiegelt die Anlagerung von Schrägschichtungsblatt an Schrägschichtungsblatt in Strömungsrichtung wieder, wobei das vertikale Aufsteigen im Profil einem zeitlichen Vorschreiten bei der Bildung eines Schüttungskörpers entspricht. Dabei ergibt sich, daß im Probenbereich die Schüttungskörper eine Mächtigkeit von etwa 30 cm haben; der obere Teil scheint jedoch mächtiger zu sein, da das Ende des Schrägschichtungsblattes nicht erreicht wurde. Das Übereinanderhinwegwandern bei der Aufschotterung eines Gebietes entspricht der paläogeographischen Vorstellung, die WURSTER (1958) aus seinen Untersuchungen entwickelte.

Die unteren 15 cm mit ihren gegen die Strömungsrichtung geneigten Geröll-Längsachsen markieren die Strömungssituation gegen und kurz nach Ende der Sandsedimentation (s. Kap. V,5; Abb. 20). Die Transportkraft nimmt langsam und schubweise zu, es werden größere Gerölle transportiert und abgelagert. Aufgrund des gleich- und feinkörnigen

Untergrundes und aufgrund der zunächst vereinzelt groben Gerölle kommt es zur flachen Ablagerung und Einkippung gegen die Strömungsrichtung. Erst als die Transportkraft stärker wird und damit auch mehr grobes Material anfällt, bilden sich Schrägschichtungskörper auf dem nun schon sehr rauhen Untergrund aus.

Somit gibt das paläogeographische Profil zusammen mit den Ergebnissen der Korngrößenverteilungskarte (Kap. V,5; Abb. 20) einen Ausschnitt aus den Vorgängen und dem zeitlichen Ablauf bei der Aufschotterung eines Flußbettes.

IX. DISKUSSION DER TERRESTRISCH-PHOTOGRAMMETRISCHEN SCHOTTERANALYSE

1. METHODISCH-GEFÜGEKUNDLICHE ÜBERLEGUNGEN

Die Schotteranalyse, soweit sie nicht nur aus der Bestimmung von Korngrößenverteilungen besteht, wird nach den Grundsätzen der Gefügekunde durchgeführt. Oberster Leitsatz der Gefügeuntersuchung muß sein, die Untersuchungen im homogenen Bereich durchzuführen. Die Homogenität wird bezogen auf einen oder mehrere Faktoren. Die Größe des Homogenitätsbereiches richtet sich nach der Größenordnung der Bezugsfaktoren. Bei der Schotter-Gefügeanalyse können solche Bezugsfaktoren sein: Sedimentationsgebiet, Schüttungskörper, Schrägschichtungsblatt, Strömungsrichtung oder Geröllorientierung.

Soll die Orientierung der Gerölle in bezug auf die Strömungsrichtung untersucht werden, ist die Strömungsrichtung ein Bezugsfaktor für den Homogenitätsbereich. Es ist zu entscheiden, welche Größenordnung der Transportrichtung maßgebend ist: die allgemeine Schüttungsrichtung in einem Sedimentationsbereich, die generelle Richtung eines Flusses, die Richtung eines Flußarmes oder die Strömungsrichtung in einem Abschnitt des Flusses oder eines Flußarmes. Die letztgenannte Strömungsrichtung ist verantwortlich für den Aufbau eines Schüttungskörpers aus Schrägschichtungsblättern. Demzufolge sind die Strömungsrichtung in einem Abschnitt und die Größe des Schüttungskörpers bzw. des Schrägschichtungsblattes die beiden Bezugsfaktoren für den gesuchten Homogenitätsbereich.

Es wäre daher falsch, für die entsprechenden Untersuchungen von vornherein die Geröllachsenmessungen aus einem ganzen Aufschluß in ein Diagramm zu zeichnen, weil eine Vielzahl von Schüttungskörpern erfaßt würde. Ferner würde man verschiedene Strömungsbereiche vermischen. Ebenso falsch wäre es, einige punktuelle Proben zu nehmen und die Orientierung der Gerölle auf eine Transportrichtung zu beziehen, die man dem generellen Flußverlauf entnimmt. Der Homogenitätsbereich in bezug auf den Schüttungskörper pro Probepunkt wäre unter Umständen gewahrt, aber nicht in bezug auf die verursachende Strömung.

Nach den paläogeographischen Ergebnissen der vorliegenden Arbeit (Kap. VIII) ist zu erwarten, daß der gewählte Probenausschnitt von ca. 1 m^2 mit großer Wahrscheinlichkeit innerhalb des oben definierten Homogenitätsbereiches liegt. Ferner ist mit der terrestrischen Photogrammetrie die Möglichkeit gegeben, innerhalb derselben Probe die Strömungsrichtung zu bestimmen und die Orientierung der Gerölle und ihre räumliche Lage zueinander in die Untersuchungen miteinzubeziehen.

2. ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

Grundsätzlich hat die terrestrische Photogrammetrie gegenüber Geländeuntersuchungen den Vorteil, daß schwer oder überhaupt nicht zugängliche Aufschluwände leicht erfaßt werden können (s. Abb. 2, 4, 15 a). Dieser Vorzug wird allerdings bei extremen Fragestellungen eingeschränkt. Korngrößen- und Korngefügeuntersuchungen wie in dieser Arbeit können nur gemacht werden in Bildern, die aus 0,5 - 6 m Entfernung aufgenommen wurden (Kap. V, 4). Das bedeutet: der ausgewertete Bereich hat bei Nahaufnahmen (0,5 - 2 m) die gleiche vertikale Erstreckung wie bei der Handvermessung; bei größerer Aufnahmeentfernung können hochgelegene Wandpartien nur auf Kosten der Fein- und Mittelkiesfraktion bearbeitet werden.

Ein völlig neues Anwendungsgebiet eröffnet die terrestrische Photogrammetrie bei verfestigten Gesteinen. Zur Rekonstruktion der Schüttungsrichtung kann Schrägschichtung auch an fast glatten Aufschluwänden gemessen werden, bei denen im Gelände ein Anlegen des Kompasses an Schrägschichtungsflächen unmöglich ist. (s. Kap. IV, 2).

In Konglomeraten, von denen eine Korngrößenanalyse mit herkömmlichen Mittel (Sieb) nicht oder nur mit großem Aufwand durchgeführt werden

kann, lassen sich im terrestrischen Stereomodell leicht Korngrößen bestimmen und die Geröllorientierung untersuchen (s.Kap. V,4 u. VI,4).

3. MESSFEHLER UND ZEITBEDARF

Bei den Korngrößenmessungen in den Nahaufnahmen (1 m Entfernung) ergab sich ein relativer Fehler von $\pm 0,8$ %. Dieser Fehler mag zu gering erscheinen; aber auch ein größerer Fehler von ca. 5 % würde kaum ins Gewicht fallen, da die exakten Kornklassengrenzwerte sehr selten erreicht werden und da die Spanne gerade innerhalb der groben Kornklassen verhältnismäßig groß ist. Diese Tatsache dürfte auch dazu beigetragen haben, daß der Vergleich von Bild- und Siebanalyse der quartären Schotter so positiv ausfiel (s.Kap. V).

Das bei der Korngrößenbestimmung verwandte Raster von 5 cm Maschenweite ergibt auf einer Fläche von 95 cm x 95 cm 400 Punkte, das sind 400 Gerölle. Um eine Strecke zu bestimmen, sind zwei Endpunkte notwendig, d.h. pro Probenfläche müssen die Koordinaten von 800 Punkten bestimmt werden. Am Planimat D 2 mit automatischer Datenregistrierung auf Lochkarten werden für diesen Arbeitsgang - bei einiger Übung - drei Stunden benötigt. Die Verarbeitung im Computer (Telefunken TR 440) erfolgt in etwa 1,4 min.

Die Vermessung von 100 Schrägschichtungslinearen dauert ca. 30 min.; diese Zeit verdoppelt sich, wenn auf dem Externzeichentisch gleichzeitig kartiert wird.

4. NOCH DURCHZUFÜHRENDE UNTERSUCHUNGEN

Die vorliegende Arbeit stellt in der Anwendung der terrestrischen Photogrammetrie auf Gefügeuntersuchungen an grobklastischen Sedimenten Anfang und Basis dar. Weiterhin wäre die Anwendbarkeit der Korngrößenanalyse in verschiedenen Konglomeraten und Brekzien zu untersuchen. Ferner müßte festgestellt werden, inwieweit die terrestrische Photogrammetrie zur Gefügeanalyse von verfestigten Schottern beitragen kann, die unter Beanspruchung durch Auflast und tektonische Vorgänge gestanden haben.

Schließlich stellt sich die Frage, auf welche Weise mittels photogrammetrischer Techniken die Kornform messend erfaßt werden kann und ob die mit der Kornform zusammenhängenden Probleme über den Weg der Photogrammetrie zu lösen sind.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden erstmals terrestrisch-photogrammetrische Methoden zur statistischen Gefügeanalyse grobklastischer Sedimente entwickelt und angewandt. Die Ergebnisse wurden mit Geländemessungen verglichen. Zur Verarbeitung der photogrammetrischen Daten wurde das Computer-Programm LINSORT entwickelt.

Im einzelnen ergaben die Untersuchungen an schräggeschichteten Schottern, Konglomeraten und Sandsteinen:

- Die Kornsummenkurven von Siebungen und Stereobildanalysen stimmen weitgehend überein. Die D_{10} -Werte der Bildanalyse können durch Multiplikation mit dem Faktor 0,156 korrigiert werden.
- Durch die Anwendung der Photogrammetrie ergibt sich erstmals die Möglichkeit, eine Korngrößenverteilungskarte zu erstellen; sie gibt Aufschluß über die räumliche Verteilung der vorherrschenden Korngrößen.
- Die Methode zur Bestimmung der Transportrichtung aus Anschnittlinien von Schrägschichtungsblättern wurde erweitert und verallgemeinert. Die erzielten Ergebnisse stimmen mit denen aus Flächenmessungen und aus Messungen der c-Achsen plattiger Gerölle überein.
- Aus der Orientierung der Geröll-Längsachsen kann die Strömungsrichtung rekonstruiert werden. Statistisch gesehen liegen die Geröll-Längsachsen auf den Schrägschichtungsflächen. Daraus ergibt sich die Einregelung der Geröll-Längsachsen als Resultierende aus der Richtung der Schrägschichtungsfläche, aus der Strömungsrichtung und aus der Schwerkraft.
- Basierend auf der Vektoreigenschaft der Geröllachsen wird eine Methode entwickelt zur Bestimmung des Einregelungsgrades von Geröllen. Der Regelungsgrad in schräggeschichteten Schottern ist gering.
- Es wird ein Verfahren gezeigt, aus den Anschnittlinien von Schrägschichtungsblättern einen Formlinienplan maßstäblich zu rekonstruieren.
- Aus Schrägschichtungsmessungen und aus der Orientierung der Geröll-Längsachsen wird ein paläogeographisches Profil entwickelt, das in Zusammenhang mit Korngrößenverteilungskarte Aufschlüsse über die Sedimentationsbedingungen im Probenbereich gibt.

- Gefügekundliche Überlegungen, Zeitbedarf und Anwendungsmöglichkeiten lassen die terrestrisch-photogrammetrische Schotteranalyse den herkömmlichen Methoden gleichwertig, in vielen Fällen sogar überlegen erscheinen.

Abschließend sei betont, daß die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit nur durch die Anwendung der terrestrischen Photogrammetrie und durch die räumliche Reproduzierbarkeit der gemessenen Objekte ermöglicht wurden.

VERZEICHNIS DER ZITIERTEN LITERATUR

- ADLER, R.E.: Instrumentelle Aufnahme und elektronische Auswertung von tektonischen Flächen und Linearen. - Geol.Rdsch., 59, 152 - 162, Stuttgart 1969
- " - : Terrestrisch-photogrammetrische Erfassung von tektonischen Flächen und Linearen. - Zeiss Mitt., 5, 157 - 198, Stuttgart 1970
- ADLER, R.E., BODECHTEL, J. & HAYDN, R.: Automation der geologisch-tektonischen Datenerhebung und -auswertung. - BuL, 40, 194 - 197, Karlsruhe 1972
- ADLER, R.E., KRÜCKEBERG, W., PFISTERER, W., PILGER, A. & SCHMIDT, M.W.: Elektronische Datenverarbeitung in der Tektonik. - Clausthaler Tekton.H., 8, 157 S., Clausthal-Zellerfeld 1958
- BREUER, H. : Fortran - Fibel. - BI-Hochschultaschenbücher, 204, 85 S., Mannheim 1969
- BURKALOW, A.van: Angle of Repose and Angle of Sliding; an Experimental Study. - Bull.Geol.Soc.Am., 56, 669 - 708, 1945
- CAILLEUX, A.: Distinction des galets marines et fluviatiles. - Bull.Soc.Géol.France, Sér.5, 15, 375 - 404, Paris 1945
- DOEGLAS, D.J.: The Structure of Sedimentary Deposits of Braided Rivers. - Sedim., 1, 167 - 190, Amsterdam 1962
- FAKHRAI, M.: Geologische und hydrologische Untersuchungen am Nordwestrand des Pleistozänen Salzach-Gletschers. - Unveröffentl.Dipl.Arb., 91 S., München 1972
- FRIEDMAN, G.M.: Determination of Sieve-size Bistribution from Thin-section Data for Sedimentary-petrological Studies. - J.Geol., 66, 394 - 416, Chicago 1958
- FUCHS, B. : Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 6730 Windsbach. - 50 S., München(Bayer.GLA) 1961
- HAGN, H. & HÖLZL, O.: Geologisch-paläontologische Untersuchungen in der subalpinen Molasse des südlichen Oberbayerns zwischen Prien und Sur mit Berücksichtigung des im Süden anschließenden Helvetikums. - Geologica Bavarica, 10, 216 S., München 1952

- HAYDN, R. : Tektonisch-geochemische Untersuchungen in der Greiner Schieferserie (Oberer Zemmgrund, Zillertal, Tirol). - Unveröffentl. Dipl. Arb., 78 S., München 1971
- HILLER, K. : Geologisch-photogrammetrische Untersuchung des Roßköpfe-Gebietes im Oberen Zemmgrund (Zillertal, Tirol). - Unveröffentl. Dipl. Arb., 79 S., München 1973
- ILLIES, H. : Die Schrägschichtung in fluviatilen und litoralen Sedimenten, ihre Ursachen, Messung und Auswertung. - Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 19, 89 - 109, 1949
- KALTENHERBERG, J. : Über Anlagerungsgefüge in grobklastischen Sedimenten. - N. Jb. Geol. Paläontol. Abh., 104, 30 - 57, Stuttgart 1957
- KÖSTER, E. : Granulometrische und morphometrische Meßmethoden an Mineralkörnern, Steinen und sonstigen Stoffen. - VIII/336 S., Stuttgart (Enke) 1964
- KRUMBEIN, W. C. : Preferred Orientation of Pebbles in Sedimentary Deposits. - J. Geol., 47, 673 - 706, Chicago 1939
- LUDEWIG, H. : Sedimentpetrographische und hydrologische Untersuchungen im Ostteil der Gradabteilungsblätter 7742 (Altötting) und 7842/43 (Burghausen) in Oberbayern. - Unveröffentl. Dipl. Arb., 122 S., München 1972
- MÜLLER, D. : Programmierung elektronischer Rechenanlagen. - BI-Hochschultaschenbücher, 49, 249 S., Mannheim 1969
- MÜLLER, G. : Methoden der Sedimentuntersuchung. - 303 S., Stuttgart (Schweizerbart) 1964
- MÜLLER, K. K. & STREKER, I. : Fortran IV - Programmieranleitung. - BI-Hochschultaschenbücher, 804, 140 S., Mannheim 1967
- NEUMANN-MAHLKAU, P. : Korngrößenanalyse grobklastischer Sedimente mit Hilfe von Aufschluß-Photographien. - Sedim., 9, 245 - 261, Amsterdam 1967
- POTTER, P. E. & PETTIJOHN, F. J. : Paleocurrents and Basin Analysis. - VIII, 330 S., Berlin (Springer) 1963
- RICHTER, K. : Gefüge und Zusammensetzung des norddeutschen Jungmoränengebietes. - Z. Geschiebeforsch., Beihefte, 9, 1 - 63, 1933
- RUCHIN, L. B. : Grundzüge der Lithologie. - VIII, 806 S., Berlin (Akademie Verl.) 1958

- SCHMIDT-THOME',P.: Geologische Karte von Bayern 1:100 000,
Blatt Nr. 663 Murnau. - München(Bayer.GLA) 1955
- SPIESS,W.E. & RHEINGANS,F.G.: Einführung in das Programmieren in
Fortran. - 216 S., Berlin (Gruyter) 1972
- SUTTER,K. : Gefügeanalytische Untersuchungen im nördlichen Voll-
schotter der ungefalteten Molasse Niederbayerns. -
Diss., 81 S., München 1962
- ULBRICH,R.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Schotterfeld
nördlich Murnau. - Geologica Bavarica, 64,
428 - 431, München 1971
- WADELL,H. : Volume, Shape and Shape Position of Rock Fragments
in Openwork Gravel. - Geografiska Annaler, 74 - 92,
1936
- WURSTER,P.: Geometrie und Geologie von Schrägschichtungskörpern. -
Geol.Rdsch., 47, 322 - 359, Stuttgart 1958
- Geologische Karte von Bayern 1:500 000. - Bayer.G.L.A. (Herausgeb.),
München 1964

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND ANLAGEN

ABBILDUNGEN

Nr.		Seite
1	Lageskizze der Arbeitsgebiete	7
2	Kiesgrube Spatzenhäusen bei Murnau/Obb. (SP7)	11
3	Molassekonglomerat "Blaue Wand" bei Traunstein/Obb.	11
4	Schilfsandstein bei Lichtenau/Franken (LIC 1)	11
5	SMK 120	14
6	TMK	14
7	Planimat D 2	14
8	Schema für die Lage der Meßpunkte bei der photo- grammetrischen Bestimmung von Flächen und Linearen .	16
9	Programm LINSORT - Flußdiagramm	20
10	Polpunktverteilung von photogrammetrisch gemessenen Schrägschichtungsflächen - Kiesgrube Spatzenhäusen bei Murnau/Obb.	24
11	Polpunktverteilung von Flächen, die aus jeweils zwei zusammengehörigen Schrägschichtungslinearen er- mittelt wurden - Kiesgrube Spatzenhäusen bei Murnau/ Obb.	26
12	Auswerteschema von theoretischen Verteilungsbildern von Anschnittlinien von Schrägschichtungsblättern ..	28
13 a	Beta-Polverteilung von Schrägschichtungslinearen bei vorwiegend Längs- und Diagonalschnitten von Schüttungskörpern - Kiesgrube Spatzenhäusen bei Murnau/Obb.	30
13 b	Beta-Polverteilung von Schrägschichtungslinearen bei Quer- und Diagonalschnitten von Schrägschich- tungskörpern - Kiesgrube Schützing a,d.Alz/Obb.	31
14	Beta-Polverteilung von Schrägschichtungslinearen im Schilfsandstein bei Lichtenau/Franken (LIC 1) ...	33
15 a	Zwei Steinbruchwände im Schilfsandstein bei Lichtenau/Franken (LIC 2 u. 3)	33
15 b	Beta-Polverteilungen von Schrägschichtungslinearen, gemessen aus den Wänden der Abb. 15 a	34

Nr.		Seite
15 c	Kombination der Diagramme LIC 2 und LIC 3	34
16	Kornsummenkurve MIT 2	40
17	Vergleich der Kennwerte der Summenkurven von Sieb- und Bildanalyse aus den Kiesgruben am Unter- lauf der Alz/Obb.	42
18	Abhängigkeit des kleinsten meßbaren Korndurch- messers von der Aufnahementfernung	45
19	Kornsummenkurve des Molassekonglomerats "Blaue Wand" bei Traunstein/Obb.	48
20	Korngrößenverteilungskarte der Probe Schützing an der Alz/Obb.	49
21	Lineares Diagramm zur Richtungsverteilung der Geröll-Längsachsen in verschiedenen Kornklassen - Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.	51
22 a	Richtungsrose der Maxima aus den linearen Diagrammen der Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb. (2,1 - 6,3 mm)	53
22 b	Richtungsrose der Maxima aus den linearen Diagrammen der Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb. (5,31 - 20 mm)	54
22 c	Richtungsrose der Maxima aus den linearen Diagrammen der Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb. (20,1 - 63 mm)	55
23	Lineares Diagramm der Richtungsverteilung aller Geröll- -Längsachsen (Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.	57
24	Richtungsrose der Maxima aus den Diagrammen wie in Abb. 23 aus den Kiesgruben am Unterlauf der Alz/Obb.	58
25 a	Beta-Polverteilung der Geröll-Längsachsen im Schmidt'schen Netz (2,1 - 6,3 mm) - Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.	61
25 b	Beat-Polverteilung der Geröll-Längsachsen im Schmidt'schen Netz (6,31 - 20 mm) - Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.	62
25 c	Beta-Polverteilung der Geröll-Längsachsen im Schmidt'schen Netz (20,1 - 200 mm) - Kiesgrube Schützing a.d. Alz/Obb.	63

Nr.		Seite
26 a	Achsenschnittpunkt-Diagramm zu Abb. 25 a	65
26 b	Achsenschnittpunkt-Diagramm zu Abb. 25 b	66
26 c	Achsenschnittpunkt-Diagramm zu Abb. 25 c	67
27	Beta-Polverteilung aller Geröll-Längsachsen - Kiesgrube Schützing an der Alz/Obb.	69
28	Diagramm zur Ermittlung der Transportrichtung T_G aus den Polpunkten der Großkreise der Abb. 27	70
29	Summendiagramm aller Großkreise durch die Vertei- lungsschwerpunkte	72
30	Die drei Hauptverteilungsflächen für Geröll-Längs- achsen in schräggeschichteten Schottern	73
31	Plastische Zeichnung eines allgemeinen Schrägschich- tungsblattes	75
32	Schematische Skizze zum Einregelungsmechanismus bei der Ablagerung schräggeschichteter Schotter	77
33 a	Diagramm zur Ermittlung der Schichtung aus An- schnittlinien - Molassekonglomerat "Blaue Wand" bei Traunstein/Obb.	78
33 b	Beta-Polverteilung der Geröll-Längsachsen - Mo- lassekonglomerat "Blaue Wand" bei Traunstein/Obb. ..	78
33 c	Diagramm zur Ermittlung der Transportrichtung aus den PI-Polen zu den Großkreisen der Abb. 33 b	80
34 a	Die Resultierenden aus der Addition der Geröllachsen- vektoren einzelner Aufschlüsse	85
34 b	Addition der Resultierenden aus Abb. 34 a	85
35	Formlinien eines Schrägschichtungsblattes - Aufschluß Mehring	87
36 a	Nach Abb. 35 konstruiertes Verteilungsbild von Schrägschichtungsflächen-Polen	88
36 b	Verteilungsbild von Schrägschichtungsflächen-Polen nach WURSTER, 1958	88
37	Paläogeographisches Profil - Aufschluß Schützing ...	91

ANLAGEN

Terrestrisch-photogrammetrische Untersuchungen an quartären
Schottern am Unterlauf der Alz/Obb.

Nr.

- 1 Kornsummenkurven mit Vergleichswerten von Siebanalysen
- 2 Orientierung der Geröll-Längsachsen
Lineare Diagramme
- 3 Orientierung der Geröll-Längsachsen
Untere Lagenhalbkugel

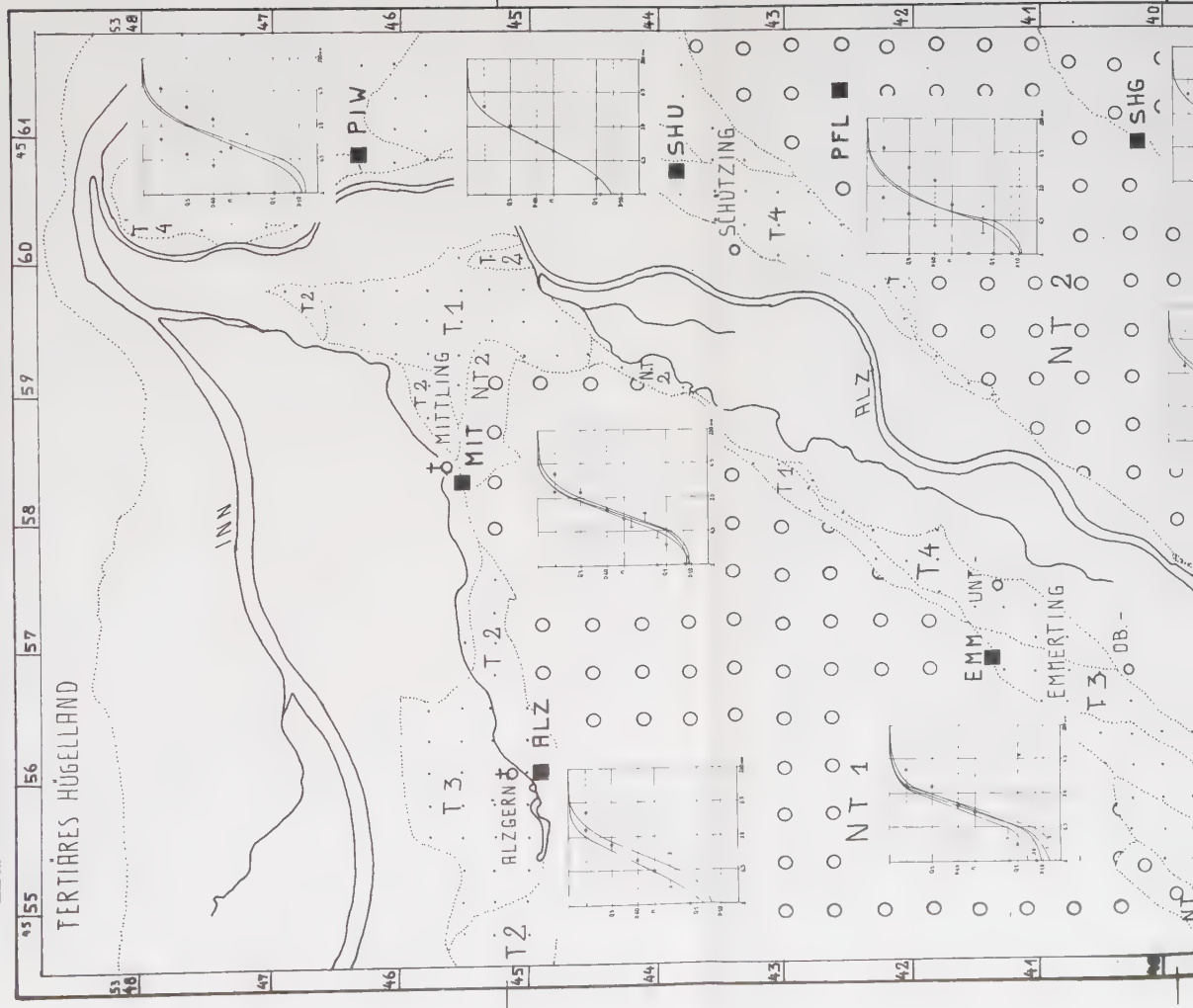
LEBENS LAUF

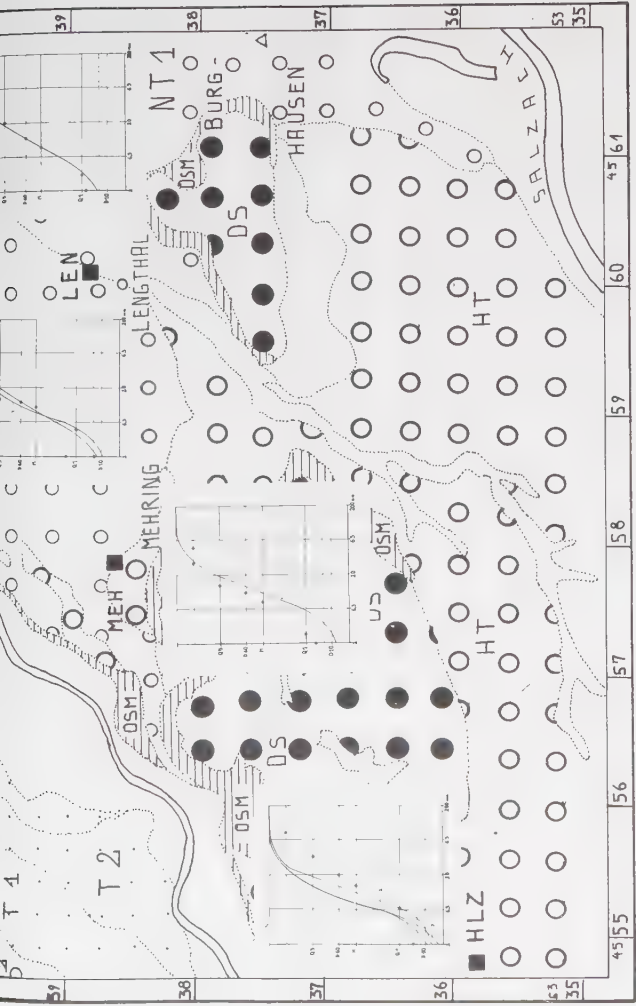
2.12.1941 geboren in Königsberg/Pr.
Vater: Dr.phil. Hans Nithack, wiss. Ass.
Mutter: Inge, geb. Orlowski
Jan. 1945 Flucht nach Veerßen, Kr. Uelzen (Niedersachsen)
April 1948 -
April 1952 Besuch der Volksschule;Veerßen
April 1952 -
April 1955 Besuch der Oberschule für Jungen,Uelzen
April 1955 Umzug nach Köln
April 1955 - Besuch des Neusprachlichen Gymnasiums Köln-
März 1961 -Nippes (14.3.61 Abitur)
April 1961 Umzug nach München
April 1961 - Bundeswehr (Z 2. 1.10.62 Beförderung zum
März 1963 Leutnant d. Res.)
Sommersemester 1963 - Studium an der Universität München (Nat.Fak.,
Sommersemester 1968 Geologie. 22.7.68 Diplomgeologen-Hauptprüfung)
Nov. 1968 - wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geologischen
Okt. 1970 Institut der Universität Bonn
Seit Mai 1971 Doktorarbeit in der Abteilung für Photogeologie
und Fernerkundung im Institut für allgemeine
und angewandte Geologie der Universität München
Seit Dez. 1972 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Abteilung
für Photogeologie und Fernerkundung

Meine akademischen Lehrer waren:

G.Angenheister, H.J.Autrum, J.Bodechtel, L.Brauner, R.Dehm, A.Faessler,
G.Fischer, O.Förtsch, H.Hagn, R.Huisgen, H.Jagodzinski, D.O.Klemm,
H.Louis,A.Maucher, F.Neumaier, P.Schmidt-Thomé, G.Schwab, H.Sedlmayr,
E.Wiberg, P.Wurster

TERRESTRISCH-PHOTOGRAMMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN AN QUARTÄREN SCHOTTERN AM UNTERLAUF DER ALZ/OBB. KORNSUMMENKURVEN MIT VERGLEICHSWERTEN VON SIEBANALYSEN





LEGENDE

GEOLOGIE ^{*)}

QUARTÄR

HOLOZÄN

..... T 1-4 JUNGE TERRASSEN

PLEISTOZÄN

○ NT 1/2 NIEDERTERRASSE

○ HT HOCHTERRASSE

● DS DECKENSCHOTTER

WÜRM

RISS

GÜNZ

TERTIÄR MIOZÄN

===== OBERE SÜSSWASSER-MOLASSE

^{*)} DIE VON FAHRHAI (1972) U. LUDWIG (1972) ERSTELLTE GEOLOGISCHE KARTE WIRD DEMNÄCHST VON GRIMM U. MITARB. PUBLIZIERT. DER OBEN DAR- GESTELLTE AUSSCHNITT WURDE VON DEN AUTOREN FREUNDLICHERWEISE ZUM VORABDRUCK ZUR VER- FÜGUNG GESTELLT.

DIAGRAMME

KORNSUMMENKURVEN

— PHOTOGRAMMETR. ANALYSE

• SIEBANALYSE (NACH FAHRHAI (1972) U. LUDWIG (1972))

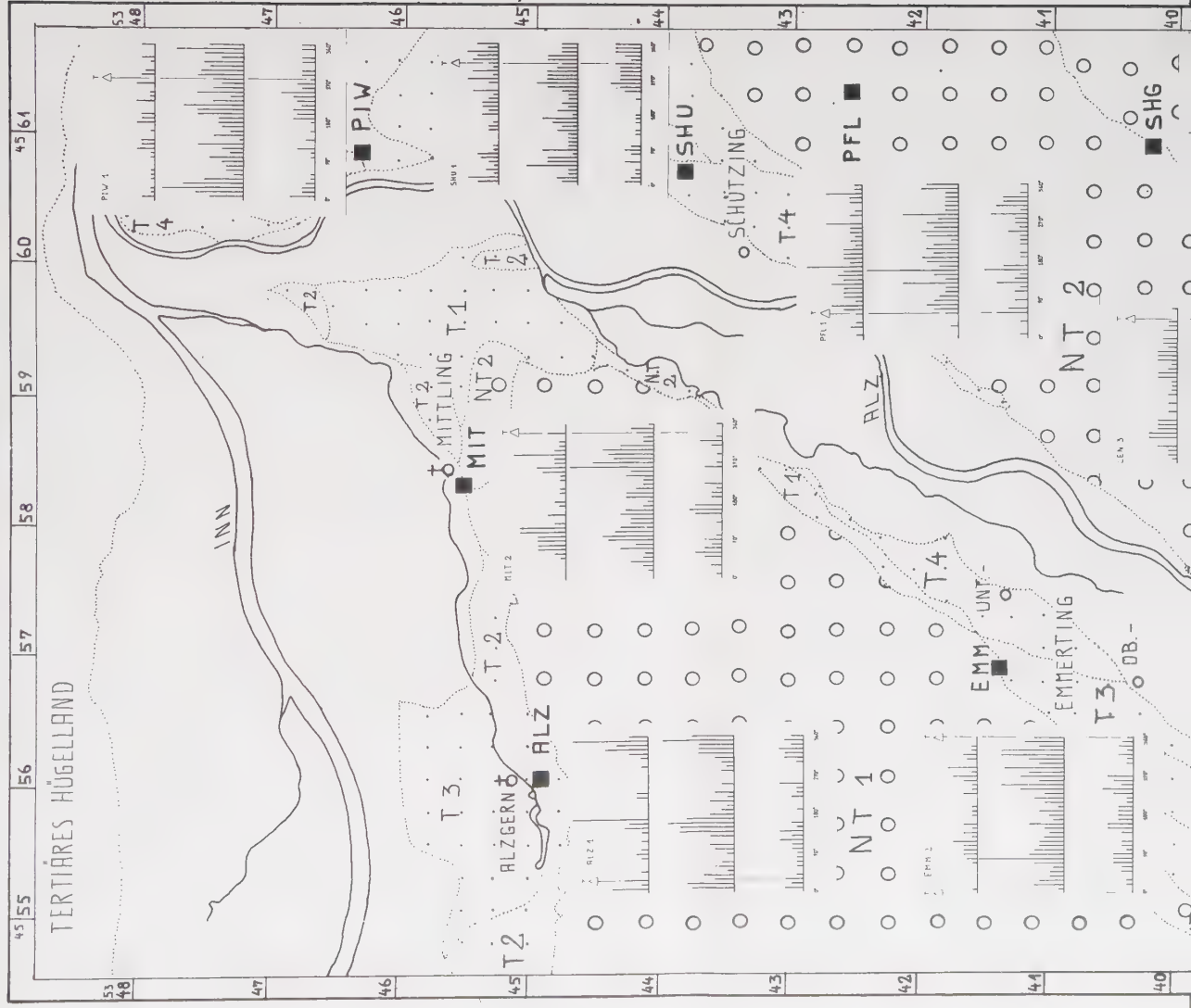
ABZISSE : KORNGRÖSSE [mm]

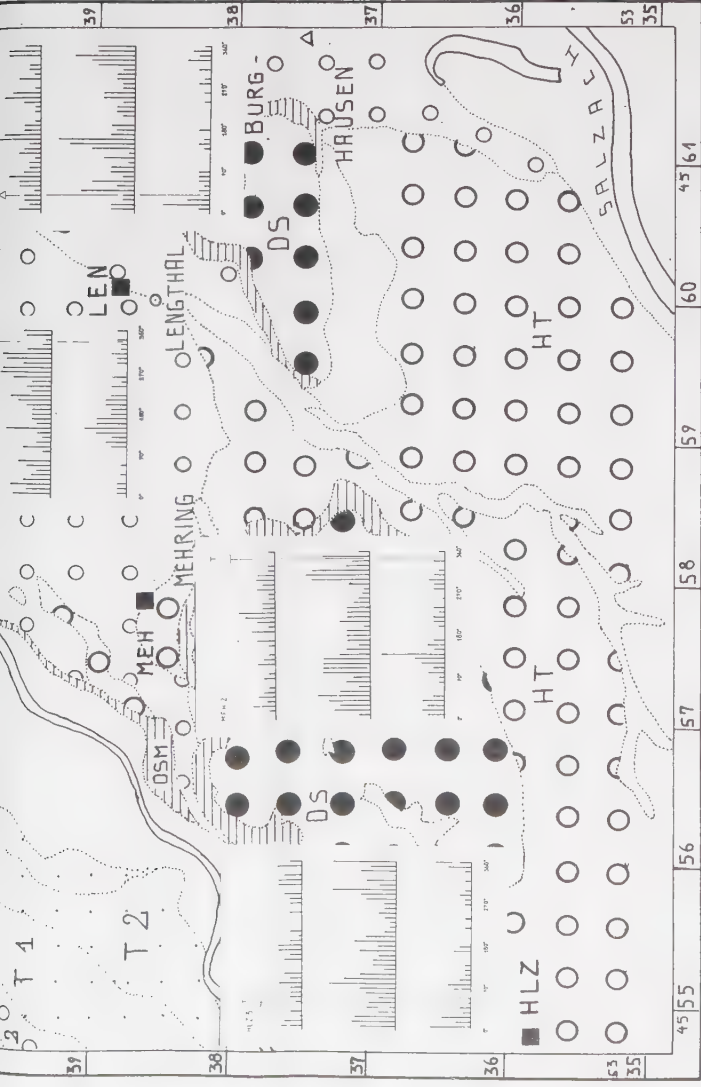
ORDINATE : %

■ BEARBEIT AUFSCHLUSS

TERRESTRISCH-PHOTOGRAMMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN AN QUARTÄREN SCHOTTERN AM UNTERLAUF DER ALZ/OBB. ORIENTIERUNG DER GERÖLL-LANGSACHSEN

LINEARE DIAGRAMME





LEGENDE

GEOLOGIE

QUARTÄR

HOLOZÄN

--- T1-4 JUNGE TERRASSEN

--- PLEISTOZÄN

○ NT1-2 NIEDERTERRASSE

○ HT HOCHTERRASSE

● DS DECKENSCHOTTER

WÜRM

RISS

GÜNZ

TERTIÄR

MIOZÄN

=== DSM

OBERE SÜßWASSER-

MOLASSE

DIAGRAMME

KORNKLASSENEINTEILUNG:

OBEN : 2 - 6,3 mm

MITTE : 6,3 - 20 "

UNTEN : 20 - 63 "

0 10 20 30 GERÖLLE

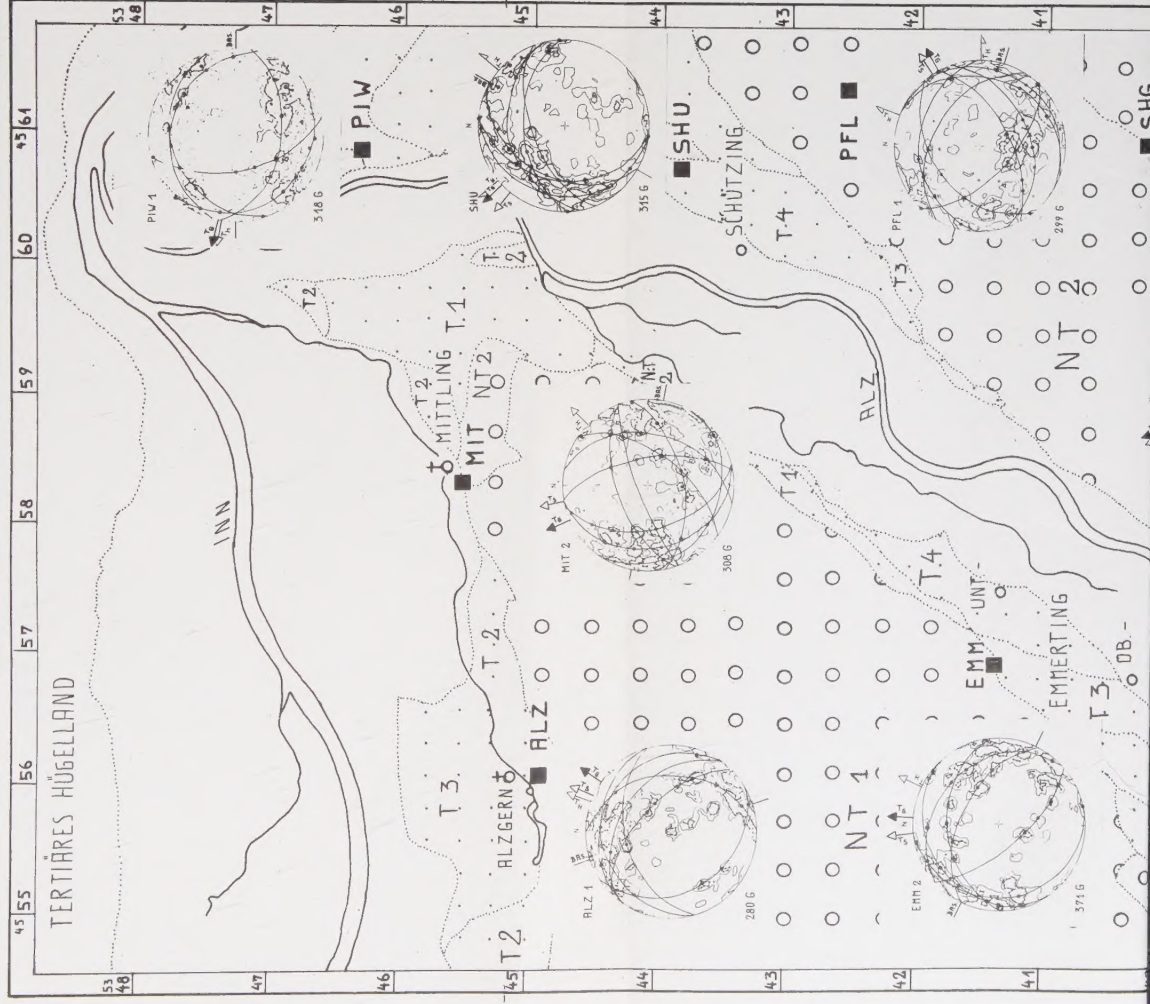
DARGESTELLT SIND STRICH- U. FALLRICHTUNG

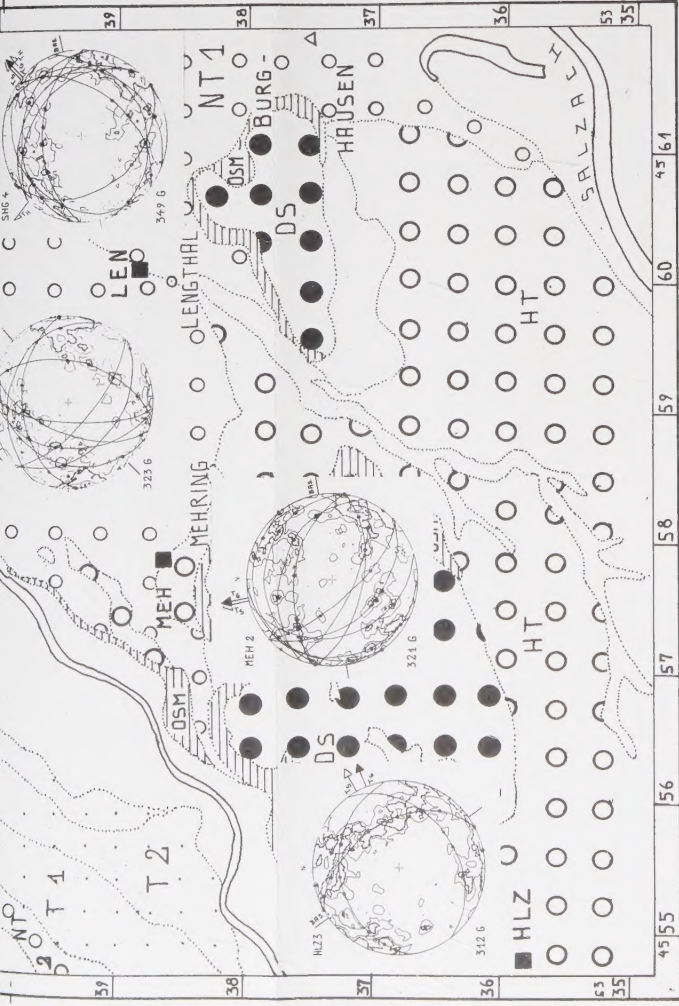
*) DIE VON FAHRRI (1972) U. LUDEWIG (1972) ERSTELLTE GEOLOGISCHE KARTE WIRD OEFNÄCHST VON GRIMM U. MITARB. PUBLIZIERT. DER OBEN DARGESTELLTE AUSSCHNITT WURDE VON DEN AUTOREN FREUNDLICHERWEISE ZUM VORABDRUCK ZUR VERFÜGUNG GESTELLT.

■ BEARBEIT. AUFSCHLUSS

TERRESTRISCH-PHOTOGRAMMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN AN QUARTÄREN SCHOTTERN AM UNTERLAUF DER ALZ/OBB. ORIENTIERUNG DER GERÖLL-LANGSACHSEN

UNTERE LAGENHALBKUGEL





LEGENDE GEOLOGIE*

QUARTÄR

HOLOZÄN

..... T1-4 JUNGE TERRASSEN
..... PLISTOZÄN

○ NT1/2 NIEDERTERRASSE WÜRM
○ HT HOCHTERRASSE RISS
● DS DECKENSCHÜTTER GÜNZ

TERTIÄR

MIOZÄN

=== OSM
===== OBERE SÜSSWASSER-
MOLASSE

* DIE VON FAKHRAI (1972) U. LUDWIG (1972)
ERSTELLTE GEOLOGISCHE KARTE WIRD DEMNÄCHST
VON GRUBB U. MITARB. PUBLIZIERT. DER OBEN DAR-
GESTELLTE AUSSCHNITT WURDE VON DEN AUTOREN
FREUNDLICHERWEISE ZUM VORABDRUCK ZUR VER-
FÜGUNG GESTELLT.

DIAGRAMME

UNTERE LAGENHALBKUGEL

BELEGUNGSDICHTE: 1,1 - 2,1 - 5,1 %

• RICHTUNGSSCHWERPUNKTE
— GROSSREISE DURCH DIE SCHWERPUNKTE.

T_S TRANSPORTRICHTUNG (SCHRÄGSCHICHTUNG)
T_G " (GERÖLL-LÄNGSACHSEN)
T_H " (PLATTIGE GERÖLLE,
HANDMESSUNGEN VON
H. FAKHRAI (1972) UND
H. LUDWIG (1972))

■ BEARBEIT. AUFSCHLUSS

